الموسوعة العملية فى التبريد والتكييف

التقنيات الحديثة فى التبريد





إعداد
م. أحمد عبد المتعال

مراجعة
م. صلاح عبد لقادر



للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

التقنيات الحديثة في التبريد

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

بسم الله الرحمن الرحيم

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتقل بين الصفحات.

الموسوعة العملية في التبريد و التكييف(١)

التقنيات الحديثة في التبريد

إعداد

م / أحمد عبد المتعال

مراجعة

م / صلاح عبد القادر

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الكتاب:التقنيات الحديثة في التبريد

المؤلف:م.أحمد عبد المتعال

رقم الطبعة : الأولى

تاريخ الإصدار : ٢٠٠٠/١٢/١ م

حقوق الطبع : محفوظة للناشر

الناشر : مكتبة جزيرة الورد

رقم الإيداع : ٢٠٠٨/٢٩١٨

مكتبة جزيرة الورد – المنصورة

تقاطع شارع الهادي وعبد السلام عارف

ت : ٣٥٧٨٨٢

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَى وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحاً تَرْضَاهُ وَأَصْلِحْ لِي فِي ذُرِّيَّتِي إِنِّي تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِنِّي مِنَ الْمُسْلِمِينَ ﴾ [الأحقاف: ١٥] .

شكر و تقدير

أتقدم بخالص الشكر **للدكتور عرفة غنيمي** الأستاذ المساعد بكلية هندسة المطرية قسم القوى الميكانيكية – على تعاونه الصادق البناء في العداد هذا الكتاب كما أتقدم بالشكر الجزيل للشركات العالمية في مجال التبريد و التي قدمت لنا المعلومات الفنية و المخططات اللازمة لإعداد هذا الكتاب

ونخص بالشكر الشركات التالية :

١– شركة دانفوس .

٢– شركة كارير .

٣– شركة ألكو .

٤– شركة كوبلاند .

٥– شركة توت لاين .

٦– شركة اسبورلان .

٧– شركة سرين .

٨– شركة يورك .

المؤلف

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الباب الأول

أساسيات التبريد

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

أساسيات التبريد

١-١ مقدمة

يعرف التبريد بأنه عبارة عن عملية نقل حرارة من مكان غير مرغوب تواجدها فيه إلي مكان يتقبل نقلها إليه .

ويدخل التبريد في كثير من العمليات الكيميائية و الفيزيائية و البيولوجية و لعل أكثر الجوانب الملموسة في الحياة اليومية ما يتعلق بمجال حفظ الأغذية و ما يصاحبها من عمليات بيولوجية حيث أن النشاط الحيوي للبكتريا يتباطأ عند درجات الحرارة المنخفضة و قد يتوقف كليا مما يتيح الفرصة لزيادة الفترة الزمنية لحفظ المواد الغذائية مع احتفاظها بعناصرها و مكوناتها الأساسية .

وكيميائيا يستخدم التبريد في الصناعات البتروكيميائية مثل فصل المشتقات البترولية و التي تتم عند درجات حرارة مختلفة و يدخل في عمليات التخمير بالمحافظة على درجة حرارة التفاعل و فزيائيا يدخل في عمليات التجفيف لكل من الأدوية و المواد الغذائية إضافة إلى حفظ المواد الأولية وخاصة المواد القابلة للانفجار ، إلى جانب الاستخدامات الأخرى مثل تقسية المعادن و تحلية مياه البحر .

و هذا الباب يعرض الأساسيات إلى تستخدم في علم التبريد من تعريف بالأساسيات الفزيائية والكيميائية والهندسية و كذلك الوحدات المستخدمة في قياس هذه الأساسيات .

١-٢وحدات القياس

قبل التعريف بنظم ووحدات القياس المختلفة و المستخدمة في مجال التبريد هناك بعض المضاعفات والأجزاء الرياضية تستخدم أحيانا مع وحدات القياس مثل :-

جيجا [Gega]	G	10^9
ميجا [Mega]	M	10^6
كيلو [Kilo]	K	10^3
الوحدة الأساسية = 1		
ملي [Mili]	m	10^{-3}
مايكرو [Micro]	μ	10^{-6}
نانو [Nano]	n	10^{-9}
بيكو [Pico]	P	10^{-12}

وتختلف وحدات القياس من دولة إلى أخرى تبعا لنظام الوحدات المتبع فيها فمن هذه النظم النظام البريطانى و النظام المتري و النظام العالمي المشتق من النظامين السابقين و نلخص كل نظام فيما يلى

١–النظام البريطانى (BS) :

يستخدم في هذا النظام الوحدات التالية :–

الطول : وحدة الياردة (yd) و يشتق منها القدم و البوصة .

الكتلة : وحدة الرطل (1b) ويشتق منها الأونصة .

الزمن : وحدة الثانية (s).

درجة الحرارة : الفهرنهايت (^{o}F) و الرانكن (^{o}R) للمطلقة .

كمية الحرارة : وحدة الحرارة البريطانية (B.T.U) .

٢–النظام المتري (MKS) :

ويستخدم الوحدات التالية:

الطول : وحدة المتر (m) .

الكتلة : وحدة الكيلو جرام (Kg) .

الزمن : وحدة الثانية (S) .

درجة الحرارة : الدرجة المئوية (^{o}C) و الكلفن (^{o}K) للمطلقة .

كمية الحرارة : وحدة الكيلو كلري (Kcal) .

٣–النظام العالمي (SI units):

جمع النظام العالمي بين الوحدات واشتقت بعض الوحدات الجديدة وذلك لتوحيد وحدات القياس عالميا واعتمد هذا النظام العناصر الرئيسية الستة التالية :

الطول	وحدة المتر	m
الكتلة	وحدة الكيلو جرام	Kg
الزمن	وحده الثانية	S
درجة الحرارة	وحدة الكلفن	^{o}K
التيار الكهربي	وحدة الأمبير	A
شدة الإضاءة	وحدة الشمعة	CD

واشتقت بعض الوحدات الجديدة مثل الكيلو جول (KJ) لقياس كمية الحرارة ووحدة البار (bar) لقياس الضغط ووضعت العلاقات الرياضية اللازمة لتحويل من وحدة إلى أخرى .

وسنتعرض في هذا الباب إلى بعض العلاقات التي تستخدم في التحويل من نظام إلى آخر مع التركيز على النظام العالمي نظراً لشيوعه الآن بين كثير من الدول .

١-٣درجة الحرارة Temperature

درجة الحرارة تعبر عن شدة الحرارة أو مستوى الحرارة بالترمومتر الزجاجي والذي يستخدم فيه الزئبق أو الكحول اللذان يتأثران بسرعة لأي تغير في درجة الحرارة و هناك أنواع مختلفة من الترمومترات تناسب و مجال القياس المستخدمة فيه .

ولمعايرة الترمومتر استخدمت درجتين للحرارة هما :-

١- درجة حرارة انصهار الثلج .

٢- درجة حرارة غليان الماء.

على أن يكون عند الضغط الجوى أو مستوى سطح البحر .

واستخدمت الدرجة كلفن (^oK) في النظام العالمي لقياس درجة الحرارة ، و في النظام البريطاني تستخدم الدرجة فهرنهايت (^oF) .

و باستخدام العلاقات التالية يمكن التحويل من نظام إلى أخر :

$$^oF= 1.8\ ^oC+32$$

$$^oK = {}^oC+273$$

مثال :- إذا كانت درجة حرارة مادة 400 حول درجة الحرارة إلى ^oF , ^oK

$$40^oC = 1.8 * 40 + 32 = 104\ ^oF$$

$$40\ ^oC = 40+273 = 313^oK$$

ودرجة الحرارة المطلقة هي درجة الحرارة المنسوبة إلى الصفر المطلق والصفر المطلق هو درجة الحرارة التي تتوقف عندها حركة جزيئات وهي أقل درجة حرارة ممكنة ويعني أنه لم يتبقى أي حرارة بالمادة عند هذه الدرجة و تساوى $0\ ^oK$ أو $273\ ^oC$ – .

١-٤ الضغط Pressure

ينتج الضغط بفعل تأثير القوى عموديا على وحدة المساحة ويقاس الضغط بوحدة الباسكال (Pa) وتعادل نيوتن على المتر المربع (N/m^2) وهي وحدة صغيرة ولذلك يستخدم عادة وحدة الكيلو

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

باسكال أو البار(bar) والذي يساوى 10^5 Pa كوحدات لقياس الضغط وهذا تبعا للنظام العالمي (SI).

وفي النظام البريطاني تستخدم وحده الرطل على البوصة المربعة (PSI) في قياس الضغط إذا كان أعلى من الضغط الجوى ووحده بوصة زئبق (in . Hg)إذا كان أقل من الضغط الجوى .

١-٤-١ الضغط الجوى Atmospheric Pressure

الضغط الجوى يعادل ضغط ناتج من عمود الزئبق ارتفاعه 76 cm على مساحة مقدارها $1cm^2$ ويقاس هذا الضغط بجهاز البارومتر الزئبقي .

ويعادل الضغط الجوى ما يلي :

1 atm = 1.01325 bar
= 760 mmHg
=760 torr

علما بأن مليمتر الزئبق (mmHg)يطلق عليه تور (torr) وتستخدم هذه الوحدة الصغيرة في قياس الضغوط التي تقل عن الضغط الجوى . وفي الوحدات البريطانية يعادل الضغط الجوى 14.7قوة رطل / بوصة المربعة .

$$1\ atm = 14.692\ IB_f / in^2 .$$
$$= 14.692\ psi\ (psi = \text{رطل / بوصة}^2)$$

١-٤-٢ الضغط المقاس Gauge Pressure

لقياس الضغط المقاس تستخدم المانومترات المائية في قياس الضغوط المنخفضة مثل الضغوط في نواقل الهواء أو الغازات و في الضغوط العالية عدادات الضغط في قياس تلك الضغوط ويهمل الضغط الجوى عند أخذ هذه القراءات أي أن الضغط الجوى يعادل الصفر و لذلك تزود عدادات الضغط بمسمار ضبط لضبط العداد على الصفر حيث أن الضغط الجوى يختلف من مكان إلى أخر معتمداً على مقدار ارتفاع هذا المكان عن سطح البحر و لذلك لابد من عملية المعايرة و التأكد بأن مؤشر الجهاز يطابق الصفر قبل عملية القياس للضغوط .

١-٤-٣ الضغط المطلق Absolute Press.

الضغط المطلق يعني أن الضغط الجوى قد أخذ في الاعتبار عند قياس أي من الضغوط و يستخدم هذا الضغط عند التعرض لخصائص الغازات عموماً وخصائص مركبات التبريد خصوصاً .

والضغط المطلق يساوى مجموع الضغط الجوى و الضغط المقاس .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتقل بين الصفحات.

$$p_{abs} = p_G + p_{atm}$$

حيث أن :-

الضغط المطلق	p_{abs}
الضغط المقاس	p_G
الضغط الجوى	p_{atm}

وتستخدم وحدات البار(bar)في النظام العالمي ووحدات (psia)في النظام البريطاني وتعني رطل على بوصة مربعة مطلق عند قياس الضغوط المطلقة .

١-٥ الحرارة Heat

الحرارة هي إحدى صور الطاقة و لها تأثير على الحالة الطبيعية للمادة عند إضافتها أو إزالتها من هذه المادة و مثال على ذلك الثلج المائي يكون صلبا فإذا أضيف له حرارة يبدأ بالانصهار والذوبان ليتحول إلى الصورة السائلة وإذا أستمر في أضاف الحرارة يتحول إلى الصورة الغازية (بخار) ولهذا فأن الحرارة لها علاقة بذرات المادة وحركتها فهي تزداد بزيادة الحرارة و تقل بانخفاضها حتى تتوقف حركة الجزيئات تماماً عند الصفر المطلق .

وتسرى الحرارة دائما من المادة الساخنة إلى المادة الباردة ، فالتسخين يتسبب في تحويل الأجسام الصلبة إلى سائلة أو غازية (الانصهار و التسامي) أو تحويل السوائل إلى غازات (تبخير) والتبريد يعكس هذه العمليات .

تقاس الحرارة بوحدات الحرارة البريطانية (B.T.U) عند استخدام نظام الوحدات البريطانى و تعرف هذه الوحدة (B.T.U) بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع أو خفض درجة الحرارة واحد رطل من الماء واحد درجة فهرنهايت (^oF).

وتقاس بوحدات النظام المتري (الفرنسى) بالكيلوكلرى (Kcal) و يعرف (Kcal) بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة الحرارة واحدة كيلو جرام من الماء واحد درجة مئوية (^oC) والخفض صحيح .

وفي النظام العالمي (SI unit)يستخدم الجول (J) و هو وحده صغيرة في قياس كمية الحرارة .
ويحتاج كل كيلوجرام من الماء 4.187 kj لرفع أو خفض درجة حرارته واحد درجة مئوية .
والعلاقة بين هذه الوحدات كما يلي :-

1 KJ = 0.948 B.T.U = 0.239 KCAL

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

١-٥-١ الحرارة النوعية S pecific Heat

الحرارة النوعية لمادة هي كمية الحرارة المضافة أو المأخوذة لتغيير درجة حرارة كيلوجرام واحد من هذه المادة درجة واحدة مئوية .

ويمكن حساب درجة الحرارة النوعية للمادة من المعادلة التالية .

$$H = m. C .\Delta T$$

حيث أن :

الحرارة المضافة أو المأخوذ بوحدة	kj	H
كتلة المادة بالكيلوجرام (Kg)		m
الحرارة النوعية بوحدة	Kj / Kg . ^oC	C
فرق درجات الحرارة بوحدة	^oC	ΔT

مثال :-

إذا كانت الحرارة النوعية لماء البحر 3900J / Kg ^oC فما الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو جرام من ماء البحر من 30 ^oC إلى 40 ^oC .

$$H = m. C .\Delta T$$
$$= 1 * 3900 * (40-30)$$
$$= 39000 \text{ J}$$
$$= 39 \text{ K J}$$

١-٥-٢ المحتوى الحراري Heat Content

يعرف المحتوى الحراري للمادة بأنه مجموع كل من الحرارة المحسوسة و الحرارة الكامنة .

الحرارة المحسوسة Sensible Heat: تعرف بأنها التغير الذي يحدث لدرجة الحرارة عند إضافة حرارة للمادة مع ثبات حالة هذه المادة سواء كانت صلبة أو سائلة أو غازية .

الحرارة الكامنة Latent Heat : هي الحرارة اللازمة لتغيير حالة المادة من صورة إلى أخرى مع ثبات درجة الحرارة .

ويطلق على المحتوى الحراري لوحدة الأوزان الإنثالبيا Enthalpy وتكون بوحدة Kj/kg في النظام العالمي .

ولتوضيح معنى كل من الحرارة الكامنة و الحرارة المحسوسة نأخذ المثال التالي :-

عند وضع كتلة من الثلج في وعاء على موقد ساخن و وضع ترمومتر لقراءة درجة الحرارة نجد أن الثلج يبدأ بالذوبان و ليس هناك تغير في درجة الحرارة على الترمومتر و هذا يعنى أن الثلج امتص الحرارة التي غيرت من صورة مادته من صلب إلى سائل و تسمى هذه الحرارة بالحرارة الكامنة للانصهار ومع الاستمرار بإضافة الحرارة وبعد أن يتحول جميع الثلج إلى الماء / تبدأ قراءة الترمومتر في الارتفاع تدريجيا حتى الوصول إلى $100\ ^oC$ بعدها يبدأ الماء بالغليان متحولا إلى الحالة الغازية وتظل درجة الحرارة ثابتة مما يدل على أن هذه الحرارة هي التي حولت صورة المادة من سائلة إلى غازية وهي حرارة كامنة ولم يحدث تغير في الحرارة المحسوسة بواسطة الترمومتر .

١-٦ انتقال الحرارة Heat Transfer

المحتوى الحراري للمادة يمكن أن يزداد إذا أضيف له طاقه حرارية من الخارج ويقل إذا أخذت منه هذه الطاقة و التبريد هو عمليه نقل لهذه الطاقة الحرارية .

ويتم نقل الحرارة من وسط الى أخر بإحدى الطرق التالية :-

١-الإشعاع Radiation

الإشعاع هو انتقال الحرارة بواسطة الأشعة الحرارية . فالأرض تستقبل الحرارة من الشمس بواسطة الأشعة حيث تتحول الأشعة الضوئية القادمة من الشمس إلى حرارة عند اصطدامها بالأرض . وتزداد الحرارة المتولدة عند اصطدام أشعة الشمس مع الأجسام المعتمة مقارنة بالأجسام الفاتحة أو اللامعة .

٢-التوصيل Conduction

التوصيل هو سريان الحرارة بين أجزاء المادة بواسطة اهتزاز الجزيئات . وهذا السريان يمكن أن يحدث من مادة إلى أخرى بالتلامس المباشر مثل انتقال الحرارة من وعاء ساخن إلي يد الإنسان نتيجة لملامسته الوعاء وتختلف المواد في قابليتها لتوصيل الحرارة وعموماً فإن المواد الموصلة للكهرباء تكون جيدة التوصيل للحرارة والمواد العازلة للكهرباء تسمى بمواد حرارية .

٣ -الحمل Convection

الحمل هو إزاحة الحرارة من مكان إلى أخر بواسطة الموائع أو الهواء على سبيل المثال حركة الهواء الساخن من فرن تسخين إلى غرف المنزل و إطلاقه داخل هذه الغرف .

١-٧ غليان السوائل Boiling of Liquids

تتغير درجة حرارة غليان السوائل تبعاً للضغط الواقع على هذه السوائل ، فالماء يغلى عند 100^oC عند ضغط جوى يساوى 1.02 bar . وكلما ارتفعنا عن سطح البحر تقل درجة غليان

الماء $95\ ^oC$ عند الضغط الجوي يساوي 0.85 bar وهكذا كلما انخفض الضغط الواقع على السائل قلت درجة غليانه وبذلك يمكن الوصول بدرجة الغليان إلى أقل من الصفر المئوي عن طريق خفض الضغط .

و تتغير درجة حرارة الغليان بالنسبة للسوائل تبعا للعوامل التالية :-

١-نوع السائل .

٢- الضغط الواقع على السائل .

١-٨ السعة التبريدية Cooling Capacity

السعة التبريدية تقاس بالطن التبريدى . و الطن يماثل معدل التبريد عن إذابة واحد طن من الثلج خلال يوم كامل (24 ساعة) . ويفترض أن الثلج يبدأ بالتجمد عن $0\ ^oC$ مبدئيا وكذلك يتحول إلى ماء عند نفس الدرجة . و الطاقة الممتصة بواسطة الثلج تساوى الحرارة الكامنة للثلج مضروبة في الوزن الكلى للثلج .

علما بأن الحرارة الكامنة لانصهار الثلج تساوى 144وحدة حرارية بريطانية لكل رطل (BTU /IB) وفي النظام العالمي تساوى 335 كيلوجول لكل كيلوجرام (KJ/Kg).

والطن يساوى 2000 رطل في النظام البريطاني ويساوى 907 كيلوجرام بالتقريب في النظام العالمي (SI) .

الطن التبريدى = 12000 BTU / h

= 3.52 KW

مع ملاحظة أن:

1 KW = 3415 BTU / hr
1 BTU / hr = 0.3 J / sec
1 BTU / hr = 0.3 W

١-٩ الثلج الجاف Dry Ice

يستخدم غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في إنتاج الثلج الجاف والذي لا يتحول إلى سائل عند ذوبانه فهو يتحول مباشرة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية (عملية التسامى) ولذلك فله ميزة عدم ترطيب السطح الملامس له وينتج في أحجام وأشكال متعددة وتكون درجة حرارته عندما يكون في الحالة الصلبة (-78C) عند الضغط الجوى .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

ويتم إنتاجه عن طريق تبخير جزء من ثاني أكسيد الكربون السائل والمعزول داخل غرفة عزلا حراريا كاملا ونتيجة لهذا التبخير جزء من السائل يتحول إلى صلب (ثلج) حيث أخذت منه الحرارة الكامنة لتبخير الجزء الأخر .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الباب الثاني

مركبات التبريد

Refrigerants

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتنقل بين الصفحات.

مركبات التبريد Refrigerants

٢-١ مقدمة

مركب التبريد هو السائل الذي يقوم بعملية نقل الحرارة ، وقد يكون هذا السائل لمادة واحدة . مثل الآمونيا ، أو لخليط كميائي لمادتين مثل الفريونات . وهذا السائل له خصائص طبيعية ، وكيميائية تمكنه من تحقيق عملية نقل الحرارة بسهولة ويسر وهى تتطلب أن يحدث تغير لصورة المادة من سائل إلى بخار ، أو العكس عند درجات حرارة مختلفة .

ويمتص مركب التبريد الحرارة أثناء تبخيره عند درجات حرارة منخفضة ويطرد هذه الحرارة أثناء تكثفه عند درجة حرارة عالية وضغط عالي .

وأول مركب تبريد استخدم كان كلوريد الاثيل بواسطة بيركز من خلال ماكينة ضغط البخار اليدوية ، وسريعا حلت الآمونيا محله و كان ذلك في العام ١٨٧٥م .

وكان لاكتشاف مركبات الفلوروكربون و المشتقة من الميثان والاثيان الأثر الكبير في مجال التبريد وأخذت الاسم التجاري (الفريونات) ولقد وفت الفريونات الخواص والخصائص المطلوبة لماكينات التبريد المختلفة.

٢-٢ خواص مركبات التبريد

لمركب التبريد خواص طبيعية و كيميائية يجب أن تتوفر فيه كي تلائم هذه المركبات القدرات الميكانيكية لماكينات التبريد وظروف التشغيل المختلفة لهذه الماكينات ولتلائم كذلك جانب الأمن والسلامة وحفظ البيئة .

ومن هذه الخواص التي يجب أن تتوافر في مركب التبريد ما يلي :

١- **درجة حرارة غليانه منخفضة عند الضغط الجوى** :- وهى الحرارة التي يتحول عندها مركب التبريد من سائل إلى بخار .

٢- **درجة حرارته الحرجة أعلى من درجة حرارة الوسيط المحيط** :- ويقصد بالدرجة الحرجة الدرجة التي يتكثف عندها مركب التبريد (تحوله من بخار إلى سائل) و التي يجب أن تكون أعلى من درجة حرارة الوسط المحيط سواء كان هواء أو ماء حتى تتم عملية التكاثف .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٣- **حرارته الكامنة يجب أن تكون عالية** :- وهي الحرارة التي تحوله من صورة إلى أخرى (سائل إلى بخار مثلا) دون تغير في الحرارة المحسوسة ، هذه الحرارة الكامنة العالية تقلل من وزن مركب التبريد اللازم للدوران في دورة التبريد و الذي يحقق السعة التبريديه المطلوبة .

٤- **حجمه النوعي قليل** :- و الحجم النوعي هو مقلوب الكثافة فكلما قل الحجم النوعي يعنى ان الكثافة عالية ويعنى أن حجم الضاغط المطلوب سيكون صغيراً .

٥- **فرق الضغط بين ضغط تبخيره وضغط تكثيفه صغير** :- ذلك لزيادة كفاءة ضخ مركب ضخ مركب التبريد .

٦- **نسبة انضغاطه عالية** :- ويقصد بها النسبة بين ضغط التكثيف و ضغط التبخير والتي يجب أن تكون عالية حتى تقل قدرة الضاغط اللازمة .

٧- يسهل تحديد أماكن تسريه في دورات التبريد .

٨- ثبات تركيبه الكيميائي عند درجات الحرارة المختلفة .

٩- غير سام ولا يسبب الاختناق عند التركيز المنخفض .

١٠-غير قابل للاشتعال سواء كان منفرداً أو مختلط بالزيت .

١١-غير قابل للانفجار منفرداً كان أو مختلط بالزيت .

١٢-رخيص الثمن و متوفر .

٢-٣ تصنيف مركبات التبريد

وتقسم مركبات التبريد من ناحية الأمان إلى ثلاث مجموعات هي :-

المجموعة الأولى

مركبات التبريد الآمنة وتشمل مركبات الكلوروفلوركربون الهالوجنيه (الفريونات) مثل:-

R-11 , R-12 , R-22 , R-502 , R-500 , R-503 , R-744 (co_2)

المجموعة الثانية

مركبات التبريد السامة و القابلة للاشتعال إلى حد ما وتشمل هذه المجموعة ما يلي:-

الآمونيا	NH_3	R – 717
كلوريد المثيل	$CH_3\ C_1$	R – 40
ثاني أكسيد الكبريت	SO_2	R – 764

المجموعة الثالثة

مركبات التبريد التي تكون خليط قابل للاشتعال عند اختلاطها بالهواء و تشمل هذه المجموعة مايلي :-

البيوتان	C_4H_{10}	R – 600
إيثان	C_2H_6	R – 170
بروبان	$C_3 H_3$	R – 290

وسوف نتناول بالتفصيل مركبات التبريد بالمجموعة الأولى والتعرض لخصائصها حيث أنها أهم المركبات المستخدمة حالياً .

٢-٣-١ فريون (R-11)

الاسم الكيميائي للمركب هو ثالث كلوروفلوروميثان ويرمز له (R-11) وهو مركب كيميائي مستقر وغير قابل للاشتعال وله درجه سمية منخفضة جداً ، ويستخدم مع وحدات التبريد ذات السعات التبريدية الكبيرة ومع الضواغط ذات سرعات دوران بطيئة (أقل من 3000 RPM) مثل الضواغط الطاردة المركزية ووحدات تثليج المياه Water Chillers كما يستخدم في تنظيف دوائر التبريد التي تستخدم ضواغط محكمه الغلق عند احتراق محرك الضاغط وكذلك لإزالة الرطوبة ويعتبر مذيب مثالي للشحوم والزيوت ويعبأ عاده في اسطوانات سعتها مائه إلى مائه وخمسون رطل ولون العبوة برتقالي .

و من أهم مواصفات فريون 11 (R- 11) ما يلي:-

- الضغط في المبخر عند $-15\ ^oC$	0.206 bar
- الضغط في المكثف عند $30\ ^oC$	1.27 bar
- نسبة الإنضغاط عند $-15\ ^oC/30\ ^oC$	6.19
- الحرارة الكامنة للتبخير عند $-15\ ^oC$	194.2 kj/kg
- السعة التبريدية	154.8 kj/hr
- كميه مركب التبريد لكل طن تبريد	79.8 kg/hr
- حجم السائل المشبع عند 30^oC	$0.66 * 10^{-3}\ m^3/Kg$
- حجم السائل لكل طن تبريد (الدائر)	$0.05\ m^3/hr$
- كثافة البخار عند $-15\ ^oC$	$1.35\ kg/m^3$
- كثافة البخار المشبع عند 30^oC	$7.35\ Kg/m^3$

- إزاحة الضاغط لكل طن تبريد	59.2 m^3/hr
- طاقه الانضغاط	30.88 Kj/kg
درجة حرارة خط الطرد بالضاغط	43.9 ^oC
قدرة الضاغط لكل طن تبريد	2.83 KW
درجة غليانه عند الضغط الجوى	23 ^oC

ويتم الكشف عن تسربه باستخدام مصباح الهاليد ، أو بكاشف التسرب الإلكتروني ، أو برغاوى الصابون .

٢-٣-٢ فريون (R-12)

الاسم الكيميائى ثانى كلورو ثانى فلوروميثان . ويعتبر أول مركب تبريد تم اكتشافه وصنع من الفلوروكربون ويمتاز بأنه غير سام ولا يشتعل ولا يتفاعل مع المعادن ومستقر كيميائيا حتى درجة حرارة 427 ^oC ويغلى 29– ^oC عند الضغط الجوى ويستخدم في الثلاجات المنزلية والتجارية والتي لها درجة حرارة تشغيل متوسطة تتراوح ما بين 5+ ^oC إلى 25– ^oC ويعمل مع الضواغط الترددية والدوارة و الطاردة المركزية ويعبأ عادة في اسطوانات سعتها 13.5 Kg ولون العبوة أبيض .

المواصفات الفنية لفريون 12 (R-12) :-

- الضغط في المبخر عند 15- ^oC	1.83 bar
- الضغط في المكثف عند 30 ^oC	7.59 bar
- نسبة الانضغاط عند (30 ^oC / -15 ^oC)	4.08
- الحرارة الكامنة للتبخير عند 15- ^oC	159 j/g
- السعة التبريدية	116 kj/hr
- كمية مركب التبريد الدائر لكل طن تبريد	106 kg/hr
- حجم السائل المشبع عند 30 ^oC	0.74 10^{-3} m^3/kg
- حجم السائل الدائر لكل طن تبريد	0.77 10^{-3} m^3/kg
- كثافة البخار عند 15- ^oC	11.3 kg /m^3
- كثافة البخار المشبع عند 30 ^oC	43.7 kg/m^3
- إزاحة الضاغط لكل طن تبريد	9.44 m^3/hr
- طاقة الانضغاط	24.7 kj/kg

- درجه حرارة الطرد بالضاغط	38 ^oC
- قدره الضاغط لكل طن تبريد	3.16 kw

ويمتاز المركب كذلك بقابلية الذوبان في الزيت ويمتزج معه ، وكذلك الماء مما يقلل حدوث الصدأ في حالة وجود بخار الماء أو الماء ويستخدم مصباح الهاليلايد أو الكاشفات الإلكترونية أو رغاوى الصابون للكشف عن أماكن تسربه مع ملاحظة أنه يعطى ضوء ازرق مخضر عند استخدام مصباح الهاليلايد .

٢-٣-٣ فريون (R-22)

الاسم الكيميائي له كلور ثاني فلوروميثان ويستخدم في التطبيقات التي لها درجة حرارة تشغيل عالية تتراوح بين (+10 ^oC) إلى (-15 ^oC) مثل مكيفات الهواء ووحدات تثليج المياه Water Chiller ويستخدم مع الضواغط الترددية والدوارة ويعبأ في اسطوانات سعتها 13.5 Kg ولون العبوة أخضر .

المواصفات الفنية لفريون (R-22) :-

- الضغط في المبخر عند –15 ^oC	3bar
- الضغط في المكثف عند30 ^oC	12.2 bar
- نسبة الانضغاط عند (30 ^oC /-15 ^oC)	4.03
- الحرارة الكامنة للتلج عند –15 ^oC	217 j/g
- السعة التبريدية	162 kj/kg
- كمية مركب التبريد الدائرة لكل طن تبريد	75.9 kg/hr
- حجم السائل الشبع عند 30 ^oC	0.8 10^{-3} m^3/kg
- حجم السائل الدائر لكل طن تبريد	0.06 m^3/hr
- كثافة البخار عند -15 ^oC	13.2 kg/m^3
- كثافة البخار عند المشبع عند 30 ^oC	52.04 kg/m^3
- إزاحة الضاغط لكل طن تبريد	5.75 m^3/hr
درجة حرارة الطرد بالضاغط	53.5 ^oC
- قدرة الضاغط لكل طن تبريد	3.165 kw
درجة غليانه عند الضغط الجوى	–41 ^oC

ويمتاز المركب بأنه غير سام . ولا يشتعل ولا يسبب الصدأ ويختلط بالماء بدرجه أكبر من فريون R12 ولذلك تستخدم مجففات (Driers) بحجم أكبر لتجفيفه وإزالة الماء منه كذلك يمتزج بالزيت

عند درجات حرارة لا تتجاوز ($-40\ ^oC$) وعند درجه حرارة أقل من هذه الدرجة ينفصل عن الزيت وهو مستقر كيميائيا ويمكن الكشف عن تسربه باستخدام مصباح الهايلايد أو الكاشفات الإلكترونية أو رغاوى الصابون .

٢-٣-٤ فريون (R-502)

هو خليط من فريون R-115 بنسبة % 51.2 وفريون R-22 بنسبة % 48.8 وقد استخدم منذ عام 1961 وله خواص تشابه خواص كل من R-12 وR-22 وهو يناسب التطبيقات التي تتطلب درجات حرارة متوسطة ومنخفضة . والتي تتراوح ما بين ($18\ ^oC$ – $-51\ ^oC$)مثل ثلاجات الأغذية المجمدة ، ومصانع تصنيع الأغذية المجمدة ، وثلاجات عرض الأغذية المجمدة . بالإضافة إلى الثلاجات المستخدمة في المجال الطبي ويستخدم مع الضواغط الترددية فقط ويعبأ في اسطوانات لونها بنفسجي.

المواصفات الفنية لفريون 502 (R-502) :–

- الضغط في المبخر عند $-15\ ^oC$	3.48 bar
- الضغط في المكثف عند $30\ ^oC$	13.189 bar
- نسبة الانضغاط عند($30\ ^oC$ /$-15\ ^oC$)	9.91
- الحرارة الكامنة للتبخر عند $-15\ ^oC$	165 j/g
- السعة التبريدية	106 kj/kg
- كمية مركب التبريد الدائر لكل طن تبريد	10.2 kj/kg
- حجم السائل المشبع عند $49\ ^oC$	0.0009 m^3/kg
- حجم السائل الدائر لكل طن تبريد	0.1 m^3/hr
- كثافة البخار عند $18.3\ ^oC$	71.29 kg/m^3
- إزاحة الضاغط لكل طن تبريد	11.6 m^3/hr
- درجة حرارة الطرد بالضاغط	107.7 ^oC
- قدرة الضاغط لكل طن تبريد	3.411 KW
- درجة حرارة الغليان عند الضغط الجوى	$-46\ ^oc$

ومن خصائصه أنه لا يشتعل و غير سام ومستقر كيميائيا عند كل الظروف ويستخدم في دورات التبريد ذات مرحلة الانضغاط الواحدة للوصول لدرجة حرارة $-18\ ^oC$ و ذات المرحلتين للوصول إلى

درجة حرارة ^{o}C 40– و ما دونها . ويستدل على تسربه بالكاشف الإلكتروني ومصباح الهايلايد ورغاوى الصابون .

ويراعى استخدام فاصل الزيت عند استخدامه للوصول لدرجات حرارة منخفضة .

٢–٣–٥ فريون (R-500)

يتركب فريون 500 من مزيج من R-152a بنسبة % 26.2 وفريون R-12 بنسبة % 73.8 ويمتاز R-500 بأنه يعطى سعة تبريدية أعلى بمقدار % 20من R-12 عند استخدام ضاغط له نفس الحجم وهو يذوب مع الزيت و الماء ويراعى استخدام مجففات كبيرة الحجم لتجفيفه من الماء .

ويستخدم مع الضواغط الترددية فقط وعند الحاجة إلى سعة تبريدية أعلى من التي يعطيها مركب التبريد 12 (فريون 12) عند نفس ظروف التشغيل ويعبأ في اسطوانات صفراء اللون .

المواصفات الفنية لفريون 500 (R-500) :–

- ضغط تبخير مطلق عند ^{o}C 15–	2.4 bar
- ضغط تكثيف مطلق عند 30 c	8.94 bar
- نسبة الانضغاط عند(^{o}C 30/ ^{o}C 15-)	4.08
- درجة حرارة الغليان عند الضغط الجوى	-33 ^{o}C
- الحرارة الكامنة للتبخير عند ^{o}C 15-	191.28 kj/kg

٢–٤ بدائل مركبات الكلوروفلوروكربون .

لقد أصبحت مركبات الكلوروفلوروكربون مرفوضة بيئياً للأسباب التالية :–

١– صعوبة إزالتها من الماء مما يجعلها تحدث تلوث لأي مياه تصل إليها .

٢– إحداثها تآكل في طبقة الأوزون المحيطة بالأرض و الحامية لها من الإشعاعات الشمسية وفوق البنفسجية الضارة .

٣– تسببها في ظاهرة البيت الزجاجي (الصوبات الزجاجية) وهو ما يؤدى الى رفع حرارة الأرض

وإجمالاً يمكن ذكر أضرار تآكل طبقة الأوزون على مظاهر الحياة فوق الأرض على النحو التالي :–

١– التعرض للإصابة بمرض سرطان الجلد كنتيجة للتحولات في الحامض النووي للخلايا . لذلك تحذر بعض الدول مواطنيها من أخذ حمامات الشمس و من البقاء لفترات طويلة خارج المنزل أثناء النهار ، كما ينصح بارتداء القبعات و الملابس الواقية .

٢- التعرض للإصابة بإعتام عدسة العين (مرض الكاتاراكت) وقد يؤدى إلى إحداث عمى كامل نتيجة لوصول كميات كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية إلي الغشاء الشبكي الرقيق للعين . مما يجعله يتلف .

٣- ضعف المناعة الطبيعية للأجسام و مما يجعل من السهل الإصابة بالأمراض .

٤- التأثير المباشر على كفاءة الأعضاء التالية – العيون – الجهاز التنفسي – الكبد – الجهاز الهضمي المركزي – القلب .

- **بالنسبة للنباتات :-**

١- الأضرار بالمحاصيل الزراعية ونقص الغلة المطروحة ، مثل (القمح والذرة ، والفاصوليا ٠٠٠الخ)

- **بالنسبة للحياة و الكائنات البحرية :-**

١- الإقلال من إنتاجية الكائنات البحرية الدقيقة خاصة وحيدة الخلية حيث توجد أكبر تجمعات لها في مياه القطب الجنوبي . وهذه الكائنات تشكل قاعدة الغذاء الأساسية في البحار خاصة للأسماك الكبيرة ، ويؤدى ذلك الى انخفاض ملحوظ في مقدار الثروة السمكية .

والاتجاه الحالي هو استخدام بدائل لمركبات الكلوروفلوروكربون مثل مركبات الهيدرفلوركربون أي الخالية من الكلورين في تركيبها مثل مركب R404A , R134a وكذلك استخدام مركبات الهيدروكلورفلوروكربون والتي لها تأثير محدود على تآكل الأوزون مثل R22, R123,R142 ولقد أوصى برتوكول مونتريال والذي عقد في سبتمبر (1987) تخفيض الاستهلاك بحوالي % 20 عام (1995) و تخفيض الاستهلاك بحوالي 50% عام 1999 م لفريونات R11,R12,R113,R114,R115 .

ويعتبر R134a هو أحد بدائل R12 وهو اقتصادي عند درجات الحرارة التي لا تقل عن -10^oC

ويستخدم مع R134 زيوت لها قاعدة استر مثل DEA Triton Oil SE 55

وفيما يلي مقارنة بين الخواص الفيزيائية لكلا من R12 , R134a :-

	R134a	R12
١- درجة حرارة الغليان عند الضغط الجوى	-26.1^oC	-29.8^oC
٢- درجة الحرارة الحرجة	101.1^oC	111.8^oC
٣- الضغط الحرج المطلق	40.5 bar	41.1 bar
٤- الحرارة الكامنة عند -15^oC	205.39Kj/Kg	158.6 Kj/Kg
٥- كثافة البخار عند -15^oC	$8.4\ Kg/m^3$	$10.99\ Kg/m^3$
٦- الكثافة عند 20^oC	1.23 Kg/L	1.35 Kg/L

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٧- الضغط عند 20^oC 5.7 bar 5.8 bar

والجدول (٢-١) يبن مقارنه بين الخواص الحرارية لكلا من R12 , R134a

الجدول (٢ – ١)

المواصفات	$-40/54^oC$		$-40/32^oC$		$-32/43^oC$		$-6.6/49^oC$	
	R134a	R12	R134a	R12	R134a	R12	R134a	R12
ضغط السحب المطلق (bar)	0.64	0.53	0.64	0.53	0.94	0.8	2.46	2.29
ضغط الطرد المطلق (bar)	13.51	14.58	7.89	8.14	10.42	11.01	11.89	12.7
نسبة الانضغاط	21.01	27.63	12.28	15.43	11.14	13.82	4.83	5.53
السعة التبريدية (KJ / m^3)	365.8	309.18	442.9	388.15	591.53	525.9	1505.2	1460.95
درجة حرارة الغاز الراجع (^oC)	141	126	116	104	114	103	83	77

ولقد تمت المقارنة عند درجة حرارة مبخر $-40\ ^oC$ ومكثف $54\ ^oC$.

وكذلك عند درجة حرارة مبخر $-40\ ^oC$ ومكثف $32\ ^oC$.

وكذلك عند درجة حرارة مبخر $32\ ^oC$ ومكثف $43\ ^oC$.

وكذلك عند درجة حرارة مبخر $6.6\ ^oC$ ومكثف $49\ ^oC$.

ثانيا فريون R-404A

يعتبر فريون R-404A هو البديل الفعلي لفريون R-502 في درجات الحرارة العالية ، والمتوسطة ، والمنخفضة وليس له أي تأثير على طبقة الأوزون وهو خليط من R-125 , R-143A , R-134a وعادة يتم شحنه في صورة سائلة في خط السحب .

والجدول (٢-٢) يعطى درجات الحرارة المقابلة للقيم القصوى للضغوط لكل من R-134a , R-12 , R-404A , R-502 تبعاً للمواصفات العالمية ISO 5149 .

١

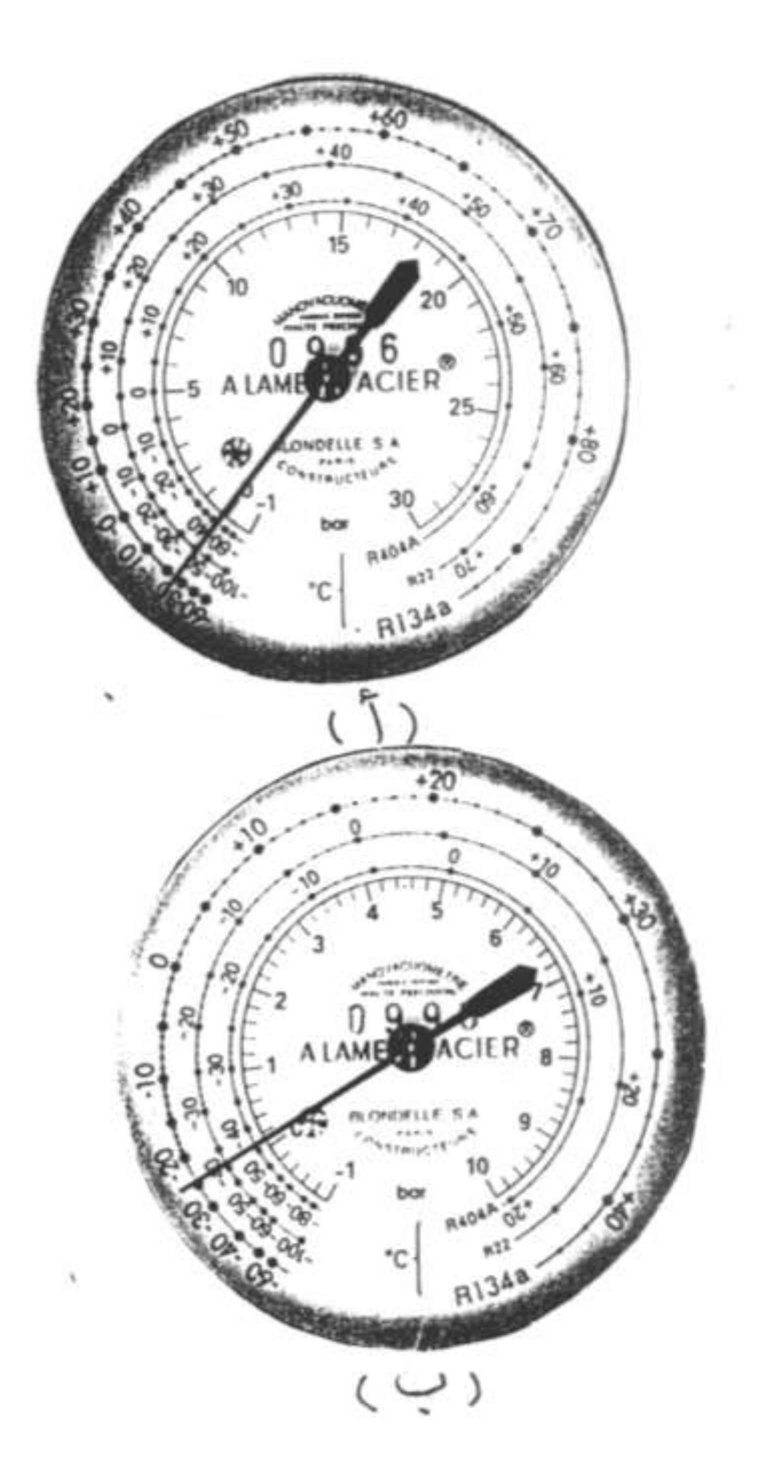
لجدول (٢-٢)

الفريون / الضغط	R134a	R12	R404	R502
ضغط الطرد الأقصى 25 bar	79.4 ^{o}c	86 ^{o}c	55.4 ^{o}c	59.8 ^{o}c
ضغط السحب الأقصى 20.5 bar	70.7 ^{o}c	76.4 ^{o}c	46.9 ^{o}c	51.1 ^{o}c

ويمكن معرفة العلاقة بين الضغط المقاس ودرجة حرارة التشبع لكل من فريون R-134a وفريون R-404A وفريون R-22 من الشكل (٢-١) والذي يعرض نموذجين لعداد ضغط عالي (الشكل أ) وعداد ضغط منخفض (الشكل ب) . فمثلا عن ضغط 3 bar تكون درجة حرارة R-134a حوالي 8 ^{o}C + ودرجة حرارةR-22 تساوى 8– ^{o}C ودرجة حرارة R-404A حوالي (12- ^{o}C) .
وعند ضغط 15 bar فان درجة حرارة R-134a حوالي (58+ ^{o}C) ودرجة حرارة R-22 تساوى (41+ ^{o}C) ودرجة حرارة R-404Aحوالي (35+ ^{o}C) وهكذا .

والجدير بالذكر أن الزيوت المعدنية لا تمتزج مع R-134a , R-404A لذلك فهي لا تستخدم معهم ولكن تستخدم زيوت بوليستير (Polyolester Lubricants (POE علماً بأن التعامل مع هذه الزيوت يحتاج إلى عناية فائقة . وذلك من أجل ضمان زيادة عمر المعدة التي سيتم شحنها بهذا الزيت فيجب أن يكون الزيت خالي تماماً من الرطوبة .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.



الشكل (٢-١)

و الجدول (٢-٣) يعرض أهم الزيوت المستخدمة مع R-134a , R-404A

الجدول (٢-٣)

الشركة المصنعة	النوع
Mobil	EAL Arctic 22 cc
ICI	Emkarate RL 32 S

علماً بأن كلا من R-134a , R-404A لا تمتزج كليا مع هذه الزيوت .

٢-٥ الاحتياطات الأمنية عند التعامل مع مركبات التبريد .

الاحتياطات الأمنية التي يجب أن تراعى عند التعامل مع مركبات التبريد تختلف تبعاً لنوع التعامل سواء كان تخزين أو نقل أو أثناء عملية التشغيل بعناصرها المختلفة بدءً من عمليات اللحام و التفريغ والتعبئة . وعلى سبيل المثال و ليس الحصر يجب أن يراعى ما يلي :-

التخزين : عند التخزين يراعى أن تكون اسطوانات مركبات التبريد بعيده عن أي مصدر حراري ، وبعيده عن أشعة الشمس المباشرة وأن تأخذ الوضع الرأسي ، وأن يكون المكان جيد التهوية .

النقل : عند نقل اسطوانات مركبات التبريد يراعى عدم سقوطها من أماكن مرتفعه خوفاً من حدوث انفجار أو نقلها بسيارات مغلقه (حاويات) تتعرض للشمس لفترات طويلة خوفاً من ارتفاع درجه الحرارة داخل السيارة .

عمليات التشغيل : تشمل هذه العمليات العمليات التالية :-

اللحام و التفريغ و الشحن و الكشف عن التسريب ومن هذه العمليات تنتج بعض المخاطر منها : أنه عند تعريض الفريونات للهب مكشوف فانه يتحول من مركب تبريد آمن (غير سام) الى مركب سام . ويسبب الاختناق و يحدث هذا في عمليات اللحام أو عند الكشف على التسرب بمصباح الهايلايد . كذلك عند عملية الشحن بمركب التبريد في صوره سائله يراعى أن لا يلامس مركب التبريد الجلد أو العين فعند ملامسته الجلد (لمده أكبر من نصف دقيقة واحدة) فإنه يسبب ما يعرف بالحرق البارد والذي له نفس تأثير الحرق الناتج من النار في إتلاف الخلايا .

وفي حالة ملامسته العين قد يتسبب في إتلاف العين وينصح باستخدام النظارات الواقية وعند التعامل مع مركب تبريد الآمونيا فلابد من استخدام الأقنعة التي تقي العين ، والتنفس خاصة لأن غاز النشادر سام ، و يسبب الغيبوبة عند استنشاقه .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.



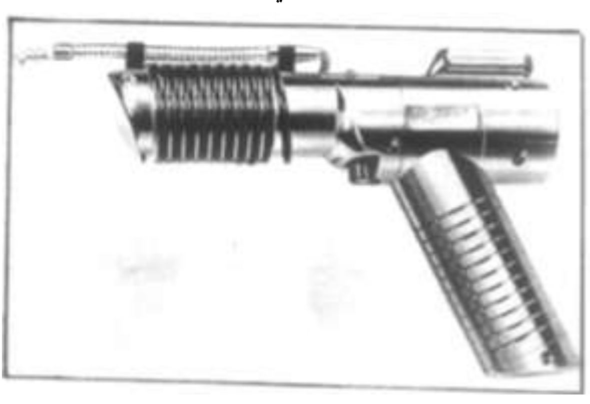
الشكل (٢-٢)

ويجب أيضا عدم خلط مركبات تبريد مختلفة معاً ولمنع ذلك فانه تم استخدام الترميز اللوني لاسطوانات مركبات التبريد والشكل (٢-٢) يعرض بعض أشكال اسطوانات الفريون المنتجة من قبل شركة دو بونت الأمريكية و هي غير قابلة لإعادة التعبئة .

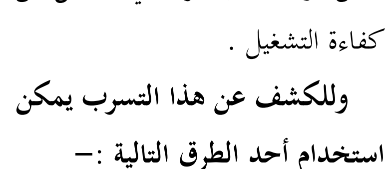
و يمكن الحصول على عبوات صغيرة لمركبات التبريد تبدأ من 750 جرام ، وتستخدم في شحن السيارات والثلاجات المنزلية .

٢-٦ الكشف عن التسربات في دورات التبريد .

يحدث التسرب في دورة التبريد إما إلى داخل الدورة أو إلى خارج الدورة ، وذلك تبعاً للضغط داخل الدورة أقل أو أعلى من الضغط الجوى . و التسرب إلى داخل الدورة يؤدى الى حدوث أعطال ميكانيكية ناتجة عن زيادة ضغط التشغيل لوجود الهواء بالدورة . بالإضافة إلي بخار الماء الموجود بالهواء ، والذي يتسبب في أعطال ميكانيكية أخرى ، والتسرب إلى الخارج يؤدى إلى نقص مركب التبريد وبالتالي التقليل من كفاءة التشغيل .



الشكل (٢-٣)



وللكشف عن هذا التسرب يمكن استخدام أحد الطرق التالية :-

١- استخدام محلول الصابون .

استخدام مصباح الهاليلايد حيث يعطى لون اخضر مع مركبات التبريد الكلوروفلوركربونية (الفريونات) .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتقل بين الصفحات.

٣- أجهزة كشف التسرب الإلكترونية تعطى صفير متصل عند وجود تسريب .

٤- استخدام شمع الكبريت للكشف عن تسرب الآمونيا حيث يعطى دخان أبيض كثيف .

والشكل (٢ -٣) يعرض صوره لكاشف تسرب من صناعة شركة . Robinair Co حيث يعطى وميض متقطع يزداد مع زيادة تركيز بخار مركب التبريد بالهواء . ويمكن تعديل الجهاز بأن يستخدم الصوت (الصفير) للدلاله على التسريب .

والشكل (٢-٤) يعرض صورة مصباح الهيلايد الذي تعطى ضوء (شعلة) خضراء عند تعرضه إلى الفريونات

حيث إن :-

فتحة رؤية لون اللهب	1
صمام يدوي	2
خرطوم بلاستيك للاستدلال على مكان التسرب	3



الشكل (٢-٤)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الباب الثالث

دورات التبريد

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتنقل بين الصفحات.

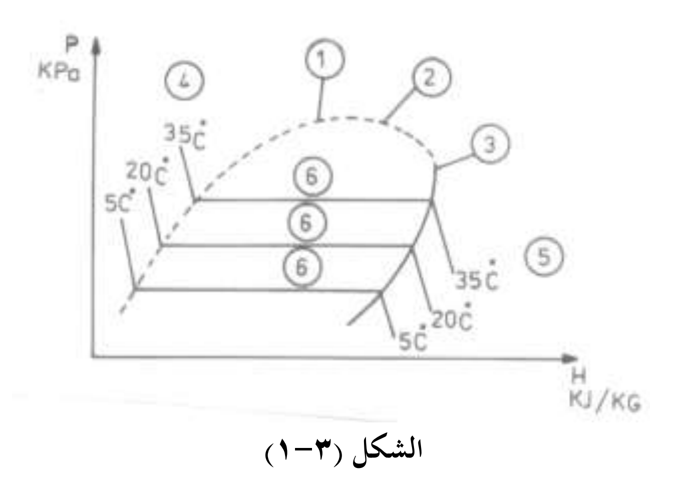
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

دورات التبريد

٣-١ مخطط الضغط و الانثالبى لمولير (P-H) Mollierr Diagram

لتسـهيل اسـتيعاب عمليـات (الـديناميكا الحرارية) الـتي تحـدث لمركـب التبريـد داخـل دورة التبريـد بأجهزة التبريد المختلفة يستعان بمخطط الضغط والانثالبيا حيث يخصص لكل مركب تبريد مخطط خاص به .

والشكل (٣-١) يعرف الخطوط الأساسية في مخطط الضغط و الانثالبي لمركبات التبريد المختلفة



الشكل (٣-١)

حيث أن :-

الخط المتقطع و هو يمثل خط السائل المشبع	1
النقطة الحرجة	2
الخط المستمر و هو يمثل خط البخار المشبع	3
منطقة السائل ذو التبريد الزائد Subcoold	4
منطقة البخار المحمص Superheat	5
خطوط ثبات درجة الحرارة	6

وفيما يلي تعريفات لبعض المصطلحات المستخدمة مع مخطط الضغط و الانثالبى لمولير :-

-السائل ذو التبريد الزائد Subcooled Liquid:- هو السائل الذي أخذ منه حرارة بعد وصوله لحاله السائل المشبع Saturated Liquid.

–**النقطة الحرجة Critical Point** :–وهى النقطة التي يتحول عندها السائل المشبع لبخار مشبع مرة واحد (دون المرور بحالة الخليط من البخار والسائل) .

–**البخار المشبع Saturated Liquid** :– هو البخار الذي إذا أخذ منه حرارة يتكاثف بعضه ليصبح سائل.

–**البخار المحمص Superheated Vapor** :–هو بخار أضيف إليه حرارة بعد وصوله إلى حاله البخار المشبع .

ويلاحظ من منحنى الضغط و الانثالبيا لمركبات التبريد أن خطوط ثبات درجات الحرارة تنطبق مع خطوط ثبات الضغط داخل منحنى P_H في حين أن خطوط ثبات درجة الحرارة يصاحبها زيادة في الضغط في منطقة التبريد الزائد (4) . بينما يصاحبها نقص في الضغط في منطقة التحميص (5).

و الجدير بالذكر أن ملحق –٢ به مخططات الضغط و الانثالبى للفريونات التاليه :–

R-12 , R-22 , R-502 , R-717 , R-134a

٣–٢ دورات التبريد بانضغاط البخار . Vapor Compression System

أكثر دورات التبريد شيوعاً واستخداماً في أجهزه التبريد المنزلية والتجارية والصناعية – هي دورات التبريد – بانضغاط البخار – ويطلق عليها دورة الانضغاط Compression Cycle.

حيث يقوم الضاغط بتغير ضغط مركب التبريد الموجود في صورة بخارية من الضغط المنخفض إلى الضغط العالي .

وفي أي منظومة تبريد بالانضغاط هناك ضغطين مختلفين وهما –

الأول يسمى جانب الضغط المنخفض والثاني جانب الضغط العالي

ويتم امتصاص الحرارة (التبريد) في جانب الضغط المنخفض بواسطة المبخر ، وتطرد هذه الحرارة إلى الهواء (أحيانا إلى الماء) بواسطة المكثف و الذي يكون في جانب الضغط العالي .

وتتكون دورات التبريد بانضغاط البخار من أربعة عناصر رئيسية وهي :–

١– الضاغط Compressor

٢– المكثف Condenser

٣– جهاز التمدد Expansion Device

٤– المبخر Evaporator

وتنقسم هذه العناصر إلى عدة أنواع من حيث التركيب الميكانيكي ،فهناك الضواغط الترددية ، والدوارة ، والطاردة المركزية .وكذلك المكثفات فهناك المكثفات التي تبرد بالهواء أو التي تبرد بالماء .

أما أجهزة التمدد فهناك عدة أنواع نذكر منها ما يلي :-

١- الأنبوبة الشعرية Capillary Tube

صمام التمدد الأتوماتيكي Expansion Valve

صمام التمدد الحراري Thermostatic Expansion valve

٢- صمام التمدد الكهروحراري Thermal – electric expansion valve

٣- عوامة جانب الضغط المنخفض Low – Pressure Side float

عوامة جانب الضغط العالي High – Pressure Side Float

وسوف نتناول هذه الأنواع بالتفصيل في الباب السادس و عموماً يعمل جهاز التمدد على خفض الضغط مع ثبات المحتوى الحراري (الأنثالبيا) . و تعتبر الأنبوبة الشعرية وصمام التمدد الحراري من أكثر الأنواع استخداما في أجهزة التبريد المنزلية و التجارية .

ويشتق من دورات التبريد بانضغاط البخار دورات أخرى يطلق عليها دورات الانضغاط المتعدد والانضغاط ذو المرحلتين ، ويمكن تصنيفها كما يلي :-

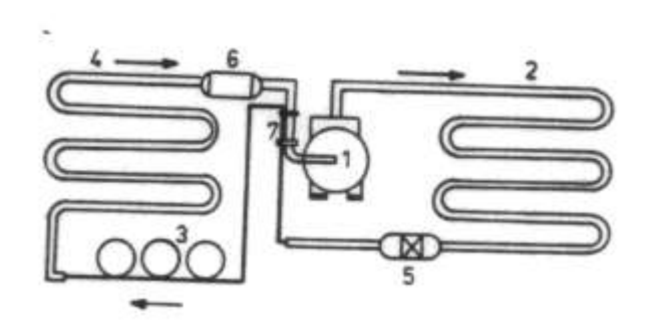
١- الانضغاط المتعدد المراحل أو المركب . Multistage or compound compression

٢- دورات التبريد المتعدد المبخرات . Multi – evaporator system

٣- دورات التبريد المتتابعة . Cascade

٣-٢-١ دورات التبريد التي تعمل بأنبوب شعري .

الشكل (٣-٢) يعرض شكل مبسط لدورة تبريد بانضغاط البخار تستخدم فيها الأنبوبة الشعرية كجهاز تمدد ، وكذلك يبين مسار مركب التبريد (R-12) داخل الدورة .



الشكل ٣-٢

نظرية عمل دورة التبريد .

١- يقوم الضاغط (1) بسحب بخار مركب التبريد الخارج من ملف المبخر (الفريزر)، ودفع إلى ملف المكثف و من ثم يزداد ضغط درجة حرارة هذا البخار .

٢- يعمل المكثف (2) على تبريد بخار مركب التبريد الخارج من الضاغط حيث تطرد الحرارة من المكثف إلى الهواء ، وبذلك تتغير حالة مركب التبريد من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة مع ثبات الضغط ودرجه الحرارة .

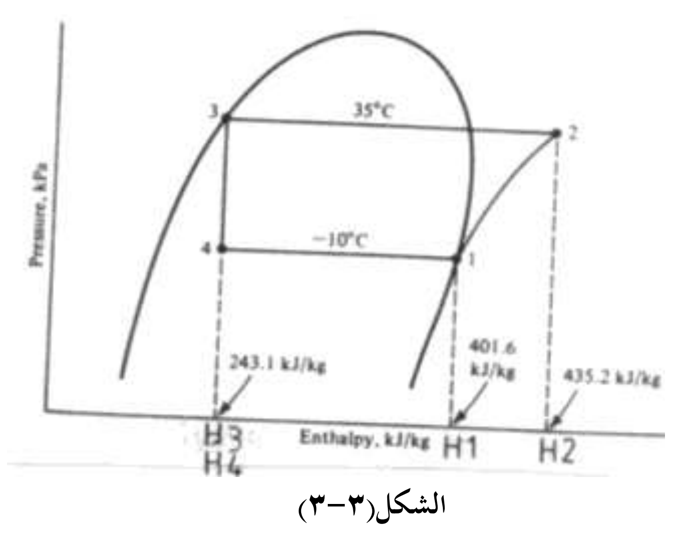
٣- يدخل سائل مركب التبريد الساخن إلى جهاز التمدد (الأنبوبة الشعرية) ، (3) و التي يتم تصميمها بعناية من حيث الطول و القطر ، حتى تعمل على خنق كمية مركب التبريد الخاص بالوحدة و تقليل الضغط الذي يتبعه انخفاض في درجة الحرارة ويصاحب هذه العملية ثبات المحتوى الحراري (الانثالبيا) .

٤- يدخل سائل مركب التبريد إلى ملف المبخر(4) ، ويمتص الحرارة من الوسط المحيط بالمبخر متحولاً من سائل إلى غاز مع ثبت درجة الحرارة والضغط ولكن يزداد المحتوى الحراري (الإنثالبيا) ينتقل بخار مركب التبريد ذو الضغط المنخفض إلى الضاغط وتتكرر دورة التبريد .

٥- تضاف للدورة بعض الأجزاء وهى ليست من مكونات الدورة الرئيسية ، ولكن تعمل على تحسين أداء الدورة مثل المرشح / المجفف (5) ومثل المبادل الحراري (6) الذي يؤدى وظيفتين :

الأولى :-الاستفادة من خط السحب البارد في مركب التبريد داخل الأنبوبة الشعرية وتكثيف غاز الوميض Flash gas الناتج من عملية الخنق ، وبالتالي زيادة الأثر التبريدى الذي يحدثه مركب التبريد داخل المبخر .

والثانية :– تبخير أي سائل عائد داخل خط السحب إلى الضاغط والذي قد يحدث نتيجة لانخفاض الحمل الحراري داخل وحدة التبريد ، أو لوجود زيادة طفيفة بشحنه مركب التبريد . وآخر الأجزاء المضافة هو مجمع السائل Accumulator و الذي يعمل أساساً على حجز مركب التبريد السائل ومنعه من الوصول للضاغط .



الشكل(٣–٣)

والشكل (٣–٣) يعرض دورة التبريد على منحنى الضغط و الانثالبيا (P-H) لفريون R-12 .

وفيما يلي بيان بالنقاط المبينة في الشكل :–

حالة مركب التبريد الخارج من المبخر 1

حالة مركب التبريد الخارج من الضاغط 2

حالة مركب التبريد الخارج من المكثف 3

حالة مركب التبريد الخارج من الأنبوبة الشعرية 4

ومن الشكل يلاحظ أن درجة حرارة خرج المكثف $35\ ^0C$ ودرجة حرارة خرج الأنبوبة الشعرية – $10\ ^0C$ ، ولحساب مقدار الحرارة التي اكتسبها مركب التبريد في المبخر من الأحمال H_E ، فأنها تساوى :–

$$H_E = H_1 - H_4$$
$$= 401.6 - 243.1 = 158.5\ \ kJ / kg$$

والحرارة التي اكتسبها مركب التبريد نتيجة للانضغاط داخل الضاغط Hc تساوى:–

$$H_C = H_2 - H_1$$
$$= 435.2 - 401.6 = 33.6\ \ kJ / kg$$

والحرارة المفقودة من مركب التبريد في المكثف Hcon تساوى :-

$$Hcon = H_2 - H_3$$
$$= 435.2 – 243.1 = 192.1 \text{ kJ / kg}$$

وهذه الحرارة المفقودة (التي تطرد من مركب التبريد إلى الوسط المحيط بالمكثف) تساوى مجموع الحرارة الذي يكتسبها هذا المركب في كل من المبخر و الضاغط أي أن

$$Hcon = HE + HC$$

٣-٢-٢ دورات التبريد التى تعمل بصمام أتوماتيكي

يستخدم هذا النوع من دورات التبريد في الثلاجات التجارية الصغيرة حيث إن تعادل الضغط أثناء توقف الدورة لا يتحقق نتيجة لاستخدام صمام التمدد الأتوماتيكي . و بالتالي فان عزم بدء دوران الضاغط سيكون كبير .

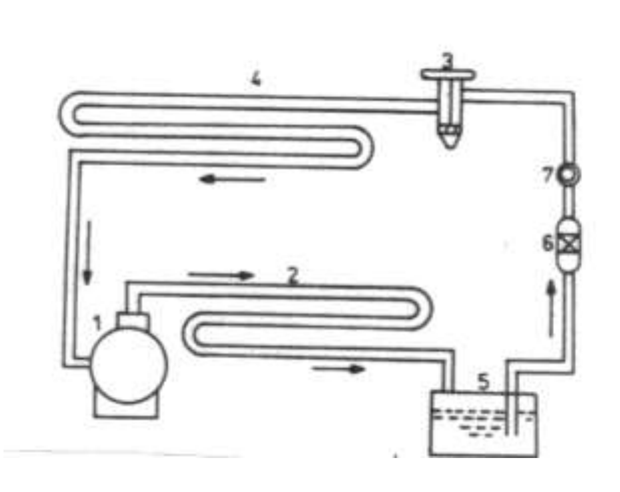
والشكل (٣-٤) يعرض الأجزاء المكونة لدورة تبريد تحتوى على صمام تمدد أتوماتيكي .

حيث أن :-

الضاغط	1
المكثف	2
صمام التمدد الأتوماتيكي	3
المبخر	4
خزان السائل	5
المرشح / المجفف	6
زجاجة البيان	7

وتوضح الأسهم اتجاه سريان مركب التبريد داخل دورة التبريد ويتميز صمام التمدد الأتوماتيكي بأنه يعمل على الحفاظ على ضغط المبخر ثابت ، فعند تشغيل الضاغط يعمل الضاغط على ضغط بخار مركب التبريد بضغط ، ودرجه حرارة مرتفعه إلى المكثف ، حيث يتم تبريده ومن ثم تكثيفه (نتيجة لفقدان مركب التبريد للحرارة الكامنة) ، و يتحول مركب التبريد إلى سائل ذو درجة حرارة عاليه في المكثف وضغط عالي بعدها يتوجه السائل إلى خزان السائل ،و يستقر السائل أسفل الخزان في حين يكون بخار مركب التبريد أعلى الخزان فيندفع السائل تحت ضغط البخار إلي صمام التمدد الأتوماتيكي

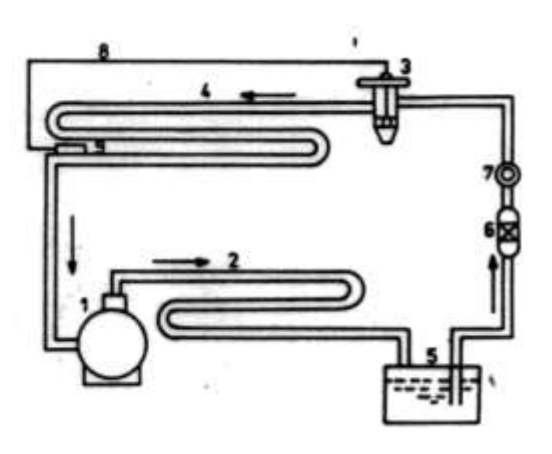
، فيحدث تمدد للسائل في صمام التمدد الأوتوماتيكي ويتبخر جزء من هذا السائل في الحال ويتحول السائل إلي رذاذ بضغط منخفض ودرجه حرارة منخفضة جداٍ ويصل مركب التبريد إلى المبخر تحت ضغط ثابت يكافئ الضغط المعاير عليه صمام التمدد الأوتوماتيكي ، وفي المبخر تنتقل الحرارة من الأحمال الحرارية مثل الأطعمة المحفوظة إلى مركب التبريد فيتحول سائل التبريد ذو درجة الحرارة والضغط المنخفض إلى بخار مع عدم تغير درجة الحرارة (نتيجة لاكتساب مركب التبريد للحرارة الكامنة للتبخير) ، ويتوجه هذا البخار إلى خط سحب الضاغط ويعاد ضغطه من جديد وتتكرر دورة التشغيل والجدير بالذكر أنه في حالة انخفاض الحمل الحراري فان جزء من مركب التبريد سيتبخر في المبخر و الباقي سيظل في صوره والباقي سيظل في صوره سائله وهذا سيؤدى إلى تلف صمامات الضاغط لأن الضاغط مصمم لضغط بخار لا لضغط سائل في حين أن زيادة الحمل الحراري في المبخر سيؤدى إلى حدوث تحميص زائد (ارتفاع درجه حرارة مركب التبريد عن درجه حرارة التشبع وهي درجه الحرارة التي يتحول عندها مركب التبريد إلى بخار) وهذا سيؤدى إلى ارتفاع درجه حرارة الضاغط إلى قيم قد تؤدى لتلفه .لذلك ينصح باستخدام هذه الدورة مع الأحمال الحرارية الثابتة .



الشكل (٣–٤)

٣–٢–٣دورات التبريد ذات صمام التمدد الحراري .

الشكل (٣–٥) يعرض دورة تبريد مزودة بصمام تمدد حراري .



الشكل (٣–٥)

حيث أن :-

الضاغط	1	المرشح / المجفف	6
المكثف	2	زجاجه بيان	7
صمام التمدد الحراري	3	أنبوبة شعرية خاصة بصمام التمدد	8
المبخر	4	بصيلة صمام التمدد الحراري	9
خزان السائل	5		

ويلاحظ أن هذه الدورة لا تختلف عن الدورة السابقة ، عدا أنه عند مرور مركب التبريد عبر صمام التمدد الحراري ، يحدث تمدد للسائل في الصمام ويتعدل وضع صمام التمدد الحراري تبعاً لحمل المبخر حيث إن وضع صمام التمدد الحراري يعتمد على ضغط المبخر . وكذلك على درجه حرارة البخار المحمص الخارج من المبخر . وذلك بواسطة البصيلة الحساسة الموضوعة في مخرج المبخر فكلما ازداد التحميص (عندما يزداد الحمل الحراري في المبخر) تتسع فتحه خروج صمام التمدد الحراري فتصل كميه أكبر من سائل مركب التبريد للمبخر أما عندما يقل التحميص (في حاله انخفاض الحمل الحراري بالمبخر) تضيق فتحه الخروج لصمام التمدد الحراري فتقل كمية سائل مركب التبريد التي تصل للمبخر وهكذا .

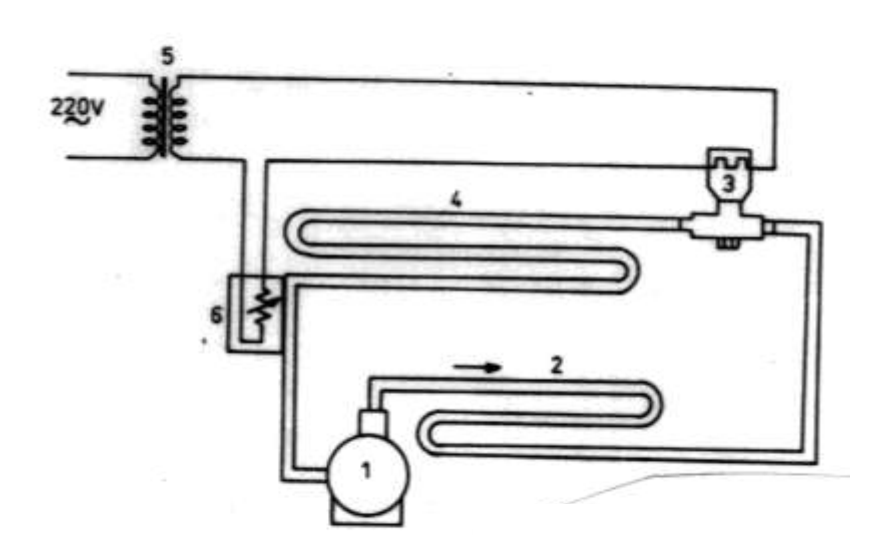
ويعتبر صمام التمدد الحراري هو الأكثر انتشاراً في وحدت التبريد التجارية والصناعية ، فهو مناسب جداً للأحمال الحرارية المتغيرة حيث يعمل على المحافظة على ثبات درجة التحميص في المبخر عند قيمة ثابتة نعتمد على معايرة الصمام .

التحميص = درجه حرارة البخار عند مخرج المبخر – درجة حرارة التشبع المقابلة لضغط المبخر عند مدخل المبخر .

٣-٢-٤ دورات التبريد ذات صمام التمدد الكهروحرارى .

الشكل (٣-٦) يعرض دورة تبريد بصمام تمدد كهروحرارى .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.



الشكل (٣-٦)

حيث أن :-

الضاغط	1	المبخر	4
المكثف	2	محول خافض 220/24V	5
صمام التمدد الكهروحرارى	3	ثرمستور (مقاومة حرارية)	6

ولا يختلف عمل هذه الدورة عن الدورة السابقة ، عدا أنه عند مرور مركب التبريد عبر صمام التمدد الكهروحرارى يحدث تمدد للسائل في الصمام ويتعدل وضع صمام التمدد الحراري تبعاً لحمل المبخر فكلما ازداد التحميص (عندما يزداد الحمل الحراري في المبخر) تقل قيمه مقاومة الثرمستور المثبت عند مخرج المبخر فينخفض الجهد المسلط على السخان الكهربي الموجود بداخل صمام التمدد الحراري .

حيث إن السخان موصل بالتوالي مع الثرمستور مع خرج المحول ، والذي جهده 24V فتتسع فتحه خروج صمام التمدد الكهروحرارى فتصل كمية أكبر من سائل مركب التبريد للمبخر أما عند انخفاض التحميص (عند انخفاض الحمل الحراري في المبخر) تزيد مقاومة الترمستور المثبت عند مخرج المبخر فيقل الجهد المسلط على السخان الكهربي الموجود بداخل صمام التمدد الحراري .

حيث أن السخان موصل بالتوالي مع الترمستور مع خرج المحول فتضيق فتحه خروج صمام التمدد الكهروحرارى ، ونقل كمية سائل مركب التبريد التى تصل للمبخر .والجدير بالذكر أن صمام التمدد الكهروحرارى يمكنه التحكم بدقه في التحميص في المبخر بالحد الذي يكون من الصعب تحقيقه مع صمامات التمدد الحرارية العادية ، و في بعض الأحيان يرافق استخدام صمام التمدد الكهروحرارى دائرة إلكترونية للربط بين الترمستور و الصمام ذاته .

٣-٢-٥ دورات التبريد ذات عوامة الضغط المنخفض

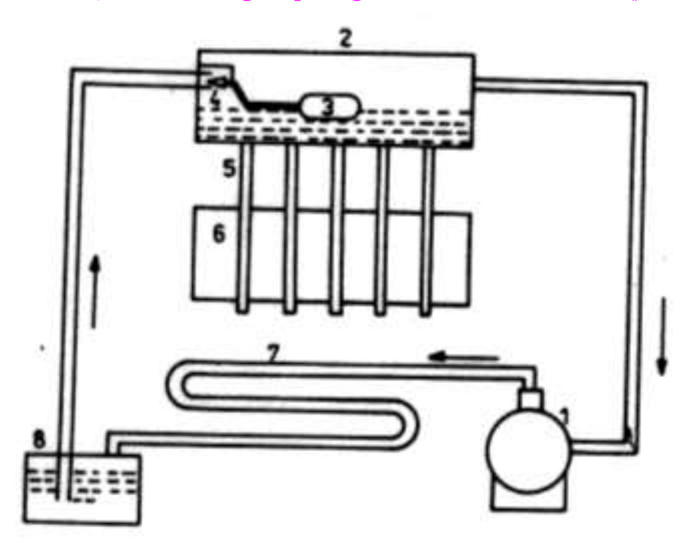
الشكل (٣-٧) يعرض دورة تبريد تستخدم عوامة ضغط منخفض كوسيلة لتمدد السائل الخارج من المكثف .

حيث أن :-

الضاغط	1	مواسير المبخر	5
غرفة عوامة الضغط المنخفض	2	المبخر	6
عوامة الضغط المنخفض	3	المكثف	7
فتحة يتم التحكم فيها تبعاً لوضع العوامة	4	خزان سائل	8

حيث يخرج بخار مركب التبريد عند ضغط مرتفع من خط طرد الضاغط ، وعند مرور هذا البخار داخل مواسير المكثف يبدأ في التكاثف و التحول إلى سائل نتيجة لانتقال الحرارة من مركب التبريد إلى الهواء الجوى المحيط بالمكثف (في حالة المكثف الذي يبرد بالهواء) ، و من ثم يفقد مركب التبريد حرارته الكامنة ، فيتكاثف ثم يتوجه السائل الخارج من المكثف إلى غرفه عوامة الضغط المنخفض ويعتمد معدل تدفق السائل إلى غرفه عوامة الضغط المنخفض على مستوى السائل في الغرفة ، والذي يعتمد هو الآخر على الحمل الحراري للمبخر ، فكلما ازداد الحمل الحراري ازداد معدل بخر السائل في المبخر الأمر الذي يؤدى إلي انخفاض مستوى السائل في غرفه العوامة فينخفض مستوى العوامة فتتسع فتحة الدخول للصمام العوامي ويزداد معدل تدفق السائل لغرفة العوامة و العكس بالعكس .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.



الشكل (٣-٧)

أما البخار الناتج عن البخر في المبخر فيعود إلى خط سحب الضاغط و تتكرر دورة التشغيل .

والجدير بالذكر أن زيادة مركب التبريد لا تضر بعمل دورة التبريد في الحالة التي بصددها . لأن الكمية الزائدة من مركب التبريد ستبقى في غرفه العوامة ،والتي تعمل كمخزن للسائل في هذه الدورة

٣-٢-٦ دورات التبريد ذات عوامة الضغط العالي

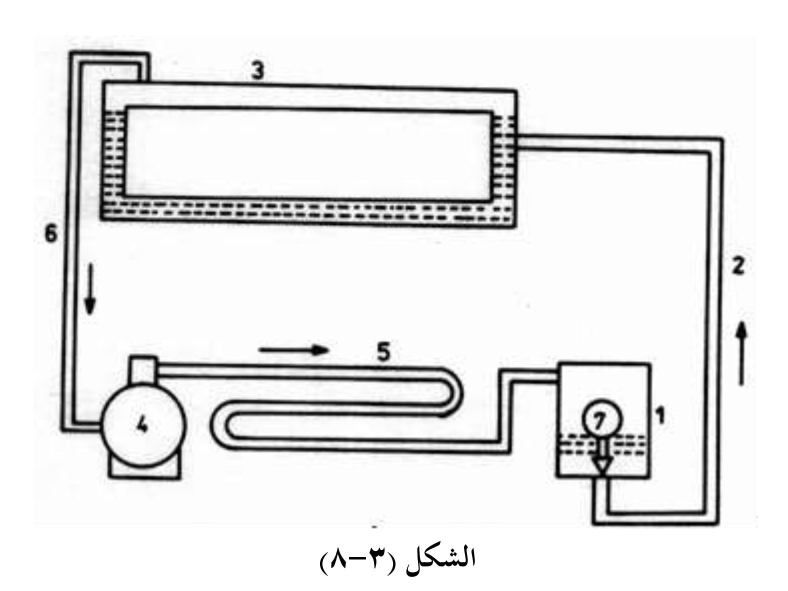
الشكل (٣-٨) يعرض دورة تبريد يستخدم عوامة الضغط العالي كوسيلة لتمدد السائل الخارج من المكثف .

حيث أن :-

غرفه عوامة الضغط العالي	1	المكثف	5
خط السائل	2	خط سحب الضاغط	6
المبخر	3	عوامة	7
الضاغط	4		

فعند دوران الضاغط يخرج بخار مركب التبريد بضغط مرتفع من خط طرد الضاغط ، وعند مرور هذا البخار داخل مواسير المكثف يبدأ في التكاثف والتحول إلى سائل نتيجة لانتقال الحرارة من مركب التبريد إلى الهواء الجوى المحيط بالمكثف في حالة المكثف الذي يبرد بالهواء) ومن ثم يفقد مركب التبريد حرارته الكامنة فيتكاثف ثم يتوجه السائل الخارج من المكثف إلى غرفه عوامة الضغط العالي ، والتي

تعمل كخزان للسائل ، ومنظم لتدفق السائل في آن واحد ، ويتجمع السائل في أسفل الغرفة في حين يعلوا مستوى السائل بخار الفريون ، وعند ارتفاع مستوى السائل في غرفه عوامة الضغط العالي ترتفع العوامة لأعلى فيزداد تدفق سائل مركب التبريد نحو المبخر وفي المبخر يحدث بخر لسائل مركب التبريد نتيجة لانتقال الحرارة من الأحمال الحرارية(الأطعمة المحفوظة) إلى مركب التبريد



الشكل (٣-٨)

علماً بأن المبخر في هذه الدورة يكون من النوع المغمور لأنه يظل مملوءاً بسائل مركب التبريد في آي لحظة ولا يحدث بخر كامل لسائل التبريد فيه .

والجدير بالذكر أن مستوى السائل في غرفه عوامة الضغط العالي يكون حرج فزيادة كمية شحنه مركب التبريد تؤدى إلى زيادة تدفق سائل التبريد إلى المبخر. الأمر الذي قد يؤدى إلى امتلاء المبخر بالسائل فيندفع السائل إلى خط سحب الضاغط مؤديا لتلف صمامات الضاغط في حين أن نقص كمية شحنه مركب التبريد يؤدى إلى نقص تدفق سائل التبريد للمبخر الأمر الذي يؤدى إلى انخفاض السعة التبريدية للوحدة لذلك يجب أن تكون كميه مركب التبريد المستخدمة في الدورة مطابقة للوزن الموصى به من قبل الشركة المصنعة .

٣-٢-٧ دورات التبريد المتعددة المبخرات

إن استخدام وحدة تكثيف واحدة لمجموعة من الثلاجات والفريزرات التجارية ليس بالأمر الجديد فهذا النظام معروف قبل عام 1920 ميلادية وهناك عدة أسباب تدفع المصممين لاستخدام وحدة تكثيف واحدة لمجموعة من الثلاجات والفريزات التجارية المستخدمة في المجمعات التجارية

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

نذكر منها يلي :-

١- توفر وحدات التكثيف بسعات عاليه بأسعار منخفضة وكفاءة عاليه .

٢- التقليل من التكلفة الكلية وسعر التشغيل خصوصاً لأن كفاءة المحركات التي قدرتها أكبرمن 5HPحصان حوالي 85% في حين أن كفاءة المحركات التي قدرتها أقل من5HPيصل إلى55%

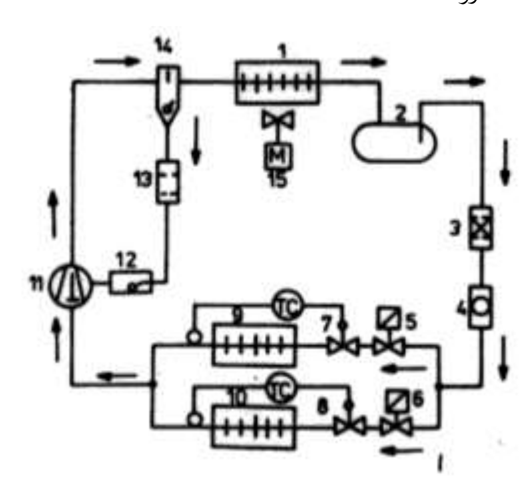
والجدير بالذكر أنه لاستخدام وحدة تكثيف واحدة مع مبخرى ثلاجتين يعملان عند درجات حرارة مختلفة تتبع إحدى الطرق التالية لتثبيت درجه حرارة كلا منهما :-

١- استخدام صمام كهربي لكل ثلاجة يتم التحكم فيه بترموستات الثلاجة وتستخدم هذه الطريقة عندما تكون درجة حرارة الثلاجتين متقاربة ، و التغير الطفيف في درجات الحرارة لا يؤثر على محتوياتها والشكل(٣-٩) يعرض دورة تبريد بمبخرين باستخدام صمامات كهربية .

حيث أن :-

المكثف	1	مبخرات	9,10
خزان السائل	2	الضاغط	11
مرشح / مجفف	3	عوامة الزيت	12
زجاجه بيان	4	مرشح الزيت	13
صمامات كهربية	5	فاصل الزيت	14
صمامات تمدد حرارية	7,8	مروحة المكثف	15

فعند وصول درجة الحرارة في أحد الثلاجتين لدرجة الحرارة المعاير عليها ترموستات الثلاجة ينقطع التيار الكهربي لمبخر هذه الثلاجة و يتوقف تدفق مركب التبريد في المبخر ، وعند وصول درجة الحرارة في كلتا الثلاجتين لدرجة الحرارة المعاير عليها ترموستات كلا منهما ينقطع التيار الكهربي عن كلا من الصمامات الكهربية 5,6 ويظل الضاغط 11 يعمل حتى ينتقل كل مركب التبريد إلى خزان السائل



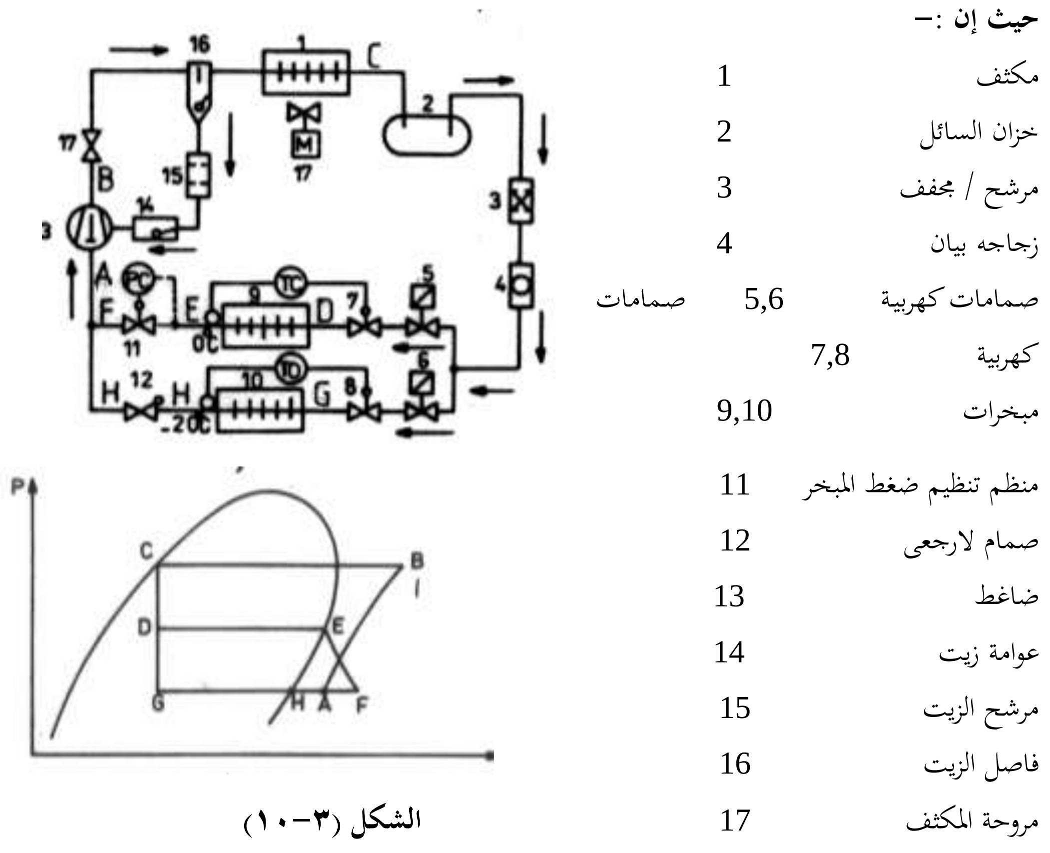
الشكل (٣-٩)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

2 ، و عند انخفاض ضغط خط السحب للضاغط 11 للقيمة المعاير عليها قاطع الضغط المنخفض ينقطع التيار الكهربي عن الضاغط و يتوقف .

١-استخدام منظمات ضغط المبخر EPR ، وهذه المنظمات منظمات ميكانيكية تعمل على تنظيم ضغط المبخر عند القيمة المعايرة عليها ، و من ثم تعمل على المحافظة على درجة حرارة المبخر عند قيمه ثابتة . حيث يتم ضبط ضغط منظم ضغط المبخر عند الضغط المقابل لدرجه حرارة المبخر ، ويمكن تعيين الضغط من ملحق ٣ ، وعادة يستخدم صمام لارجعي مع المبخر الذي له أدنى درجه حرارة ، والشكل (٣-١٠) يعرض دورة تبريد بمبخرين باستخدام صمامات كهربية وصمام لارجعى للمبخرات ذات درجه الحرارة الأدنى ، ومنظم ضغط المبخر للمبخر ذات درجه الحرارة الأعلى الشكل (أ) وكذلك مخطط الضغط و الانثالبي لموليير لهذه الدورة . (الشكل ب)

حيث إن :-



مكثف 1
خزان السائل 2
مرشح / مجفف 3
زجاجه بيان 4
صمامات كهربية 5,6 صمامات
كهربية 7,8
مبخرات 9,10
منظم تنظيم ضغط المبخر 11
صمام لارجعى 12
ضاغط 13
عوامة زيت 14
مرشح الزيت 15
فاصل الزيت 16
مروحة المكثف 17

الشكل (٣-١٠)

ويعمل الصمام الارجعى على منع ارتداد الضغط العالي من المبخرات التى لها درجه حرارة أعلى إلى المبخر ذات درجه الحرارة الأدنى قبل وصول دورة التبريد للاستقرار ، وعادة يستخدم صمام سائل لكل

مبخر لامكانية عمل إذابة للصقيع لكل مبخر على حده بالاضافه إلى ذلك فان الضاغط المستخدم في دورات التبريد المتعددة المبخرات يجب أن يكون مزود بمخفضات أحمال Unloaders من أجل تقليل السعة التبريدية للضاغط أثناء إجراء عمليه الصقيع لبعض الثلاجات .

٣-٢-٨ دورات التبريد المركبة . Compound Refrigeration Cycle

يستخدم هذا النوع من الدورات في تطبيقات التبريد العميق للوصول إلى درجات حرارة 40 ^{o}C ، وما دونها ولتحقيق هذا يستخدم ضاغطين أو أكثر موصلين على التوالي للوصول إلى ضغط تكثيف على و ضغط تبخير منخفض لا يستطيع ضاغط واحد تحقيقه على أن يكون بين الضاغطين مبرد بيني Inter Cooler لتقليل التحميص ببخار مركب التبريد الخارج من الضاغط الأول و قبل دخوله للضاغط الثاني . وتتعدد صور المبرد البيني من غرفة خلط إلى ضخ مركب تبريد سائل بضغط منخفض كذلك تستخدم فواصل الزيت الميكانيكية Oil separator لكل ضاغط لكي يحتفظ بزيت التزييت الخاص به وعدم تعريض أي منها لمخاطر نقص الزيت .

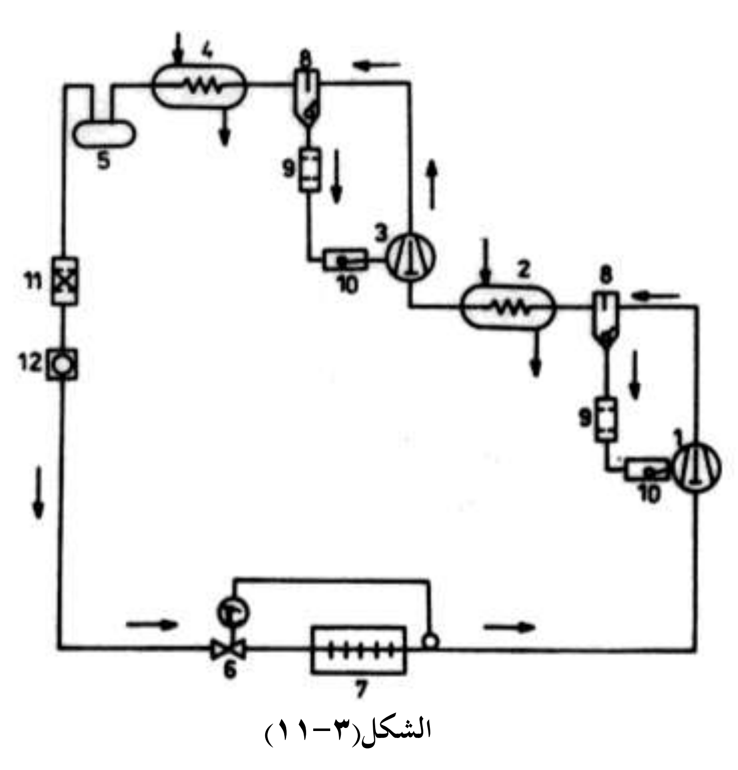
والشكل (٣-١١) يعرض دورة تبريد مركبة باستخدام ضاغطين إحداهما يعمل عند ضغط منخفض ، والثاني عند ضغط عالي ومبرد بيني من نوع المبادل الحراري .

ولقد قامت الشركات المصنعة للضواغط بإنتاج ضواغط متعددة المراحل يمكن استخدامها بدلا من ضاغطين أو اكثر ، و تستطيع الوصول لضغط التكثيف وضغط التبخير المطلوبين في تطبيقات التبريد العميق .

حيث أن :-

ضاغط له ضغط طرد منخفض	1	المبخر	7
مبرد بيني تبريد ماء	2	فاصل الزيت	8
ضاغط له ضغط طرد عالي	3	مرشح الزيت	9
مكثف تبريد ماء	4	عوامة الزيت	10
خزان السائل	5	مرشح/مجفف مركب التبريد	11
صمام تمدد حراري	6	زجاجة البيان	12

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.



الشكل(٣-١١)

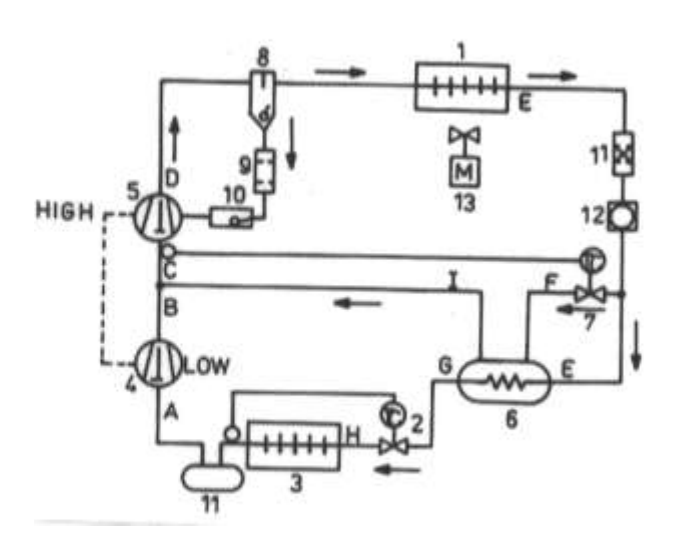
والشكل (٣-١٢) يعرض دورة تبريد عميقة تستخدم ضاغط بمرحلتين . ويتم ضخ مركب التبريد السائل بضغط منخفض بين مرحلتي الانضغاط لتخفيض وتقليل التحميص الحادث لمركب التبريد البخار الخارج من مرحلة الانضغاط الأولى ، ويتم هذا بواسطة صمام التمدد الحراري (7) .

حيث أن :-

المكثف	1	صمام تمدد حراري (المبرد البيني)	7
صمام التمدد الحراري	2	فاصل زيت	8
المبخر	3	مرشح الزيت	9
مرحلة الضغط المنخفض للضاغط	4	عوامة	10
مرحلة الضغط العالي للضاغط	5	مرشح /مجفف	11

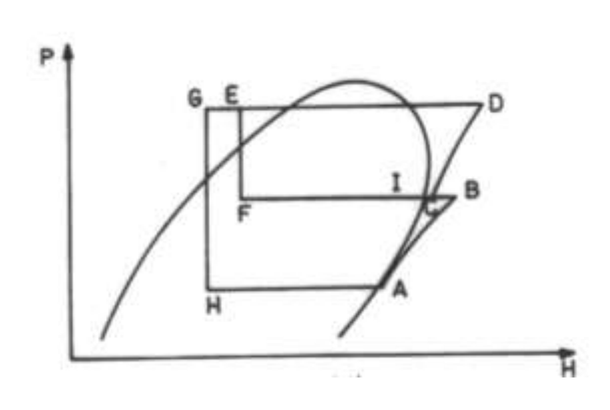
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.





الشكل (٣-١٢)

والشكل (٣-١٣) يبين مسار مركب التبريد خلال الدورة مع ملاحظة إهمال التحميص الحادث لمركب التبريد بمرحلة الانضغاط الأولى حيث يدخل الضاغط كبخار مشبع فقط .



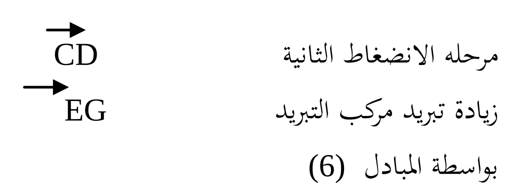
الشكل(٣-١٣)

حيث أن:-

مرحلة الانضغاط الأولى $\overrightarrow{AB}$

مرحله الانضغاط الثانية

زيادة تبريد مركب التبريد

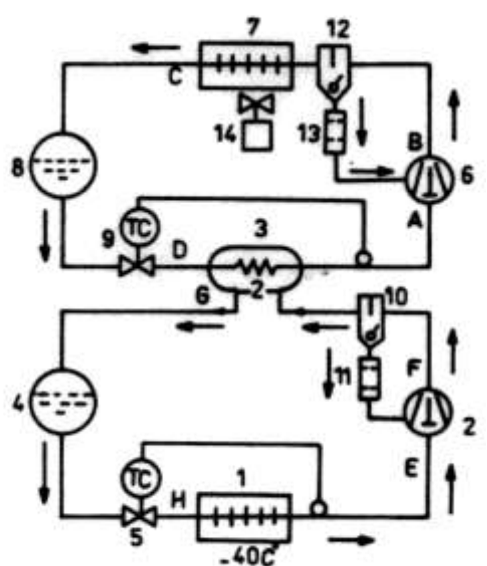


بواسطة المبادل (6)

٣-٢-٩ دورات التبريد المتتابعة Cascade System

تستخدم هذه الدورات في العمليات الصناعية للوصول لدرجات حرارية أقل من 40– ^oC ، والتي يصعب تحقيقها باستخدام أنظمة التبريد العادية . وبما أن الدورة تعمل عند درجات حرارة منخفضة جداً فيراعى أن يكون مركب التبريد المستخدم جاف جداً من أي رطوبة حتى لا يحدث انسداد بالدورة وكذلك لابد من استخدام فواصل الزيت الميكانيكية لاعادة زيت التزييت إلى الضاغط والشكل (٣-١٤) يعرض نموذج لهذه الدورة . حيث تعمل كلتا الوحدتين معاً حيث يقوم مبخر الدورة الأولى بتبريد مكثف الدورة الثانية و يستخدم نظام تحكم واحد في تشغيل وإيقاف الوحدتين و عادة يكون مبخر الدورة الأولى ومكثف الدورة الثانية من نوع الوعاء ذو الأنابيب .

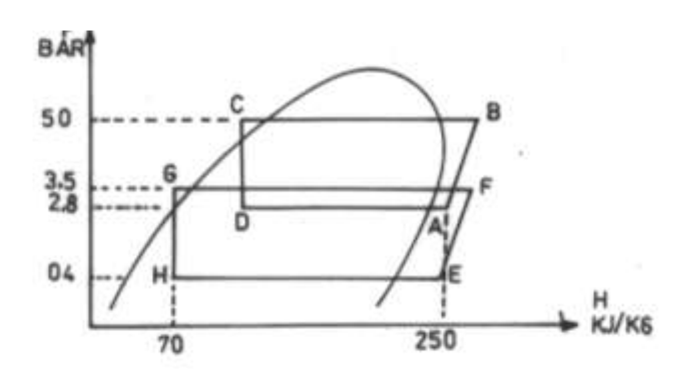
ويستخدم مركب التبريد R-12حتى يحقق درجه حرارة ^oC 50- في الدورات المتتابعة ذات المرحلتين . وحتى يحقق ^oC 65– في الدورات المتتابعة ذات الثلاث مراحل .



ويحقق مركب التبريد R-22 درجات حرارة تقل بحوالي من 5 ^oC إلي 10 ^oCعن ما يحققه مركب تبريد R-12 . وتتضح أهمية دورات التبريد المتتابعة (المتعاقبة) إذا استخدم مركب تبريد R-13 ، والذي يستطيع أن يحقق درجات حرارة تصل إلى – 100 ^oC ولكن نتيجة لدرجة حرارته الحرجة والتي تساوي ^oC 28.78 فان تكثيفه باستخدام الهواء أو الماء غير ممكن والذي يتطلب استخدام مبخر دورة تبريد أخرى لاتمام التكثيف ، ومن هذا يتضح أهمية الدورات المتتابعة . **الشكل (٣-١٤)**

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

وتتطلب هذه الدورات مواصفات خاصة لزيت دورة التبريد التي تعمل عن درجات الحرارة المنخفضة ومن هذه المواصفات أن يكون خالي من الشمع والرطوبة ويحتفظ بسيولته عند درجات الحرارة المنخفضة . والشكل (٣-١٥) يبين طريقة تمثيل هذه الدورة على خريطة مولير .



الشكل (٣-١٥)

٣-٣ دورة التبريد بالامتصاص Absorption System .

تمتاز دورة التبريد بالامتصاص بعدم وجود أجزاء ميكانيكية بها ، فهي تستمد الطاقة اللازمة من أي مصدر حراري سواء نتج عن إحراق الوقود أو تحويل الطاقة الكهربية إلى حرارية أو حتى باستخدام الطاقة الشمسية .و تتكون دورة التبريد بالامتصاص من أربعة أجزاء رئيسية و هم :-

المولد (الغلاية)Generator المكثف Condenser

الماص Absorber المبخر Evaporator

والشكل (٣-١٦) يوضح المكونات الرئيسية و العلاقة بينهما لتحقيق دورة التبريد بالامتصاص .

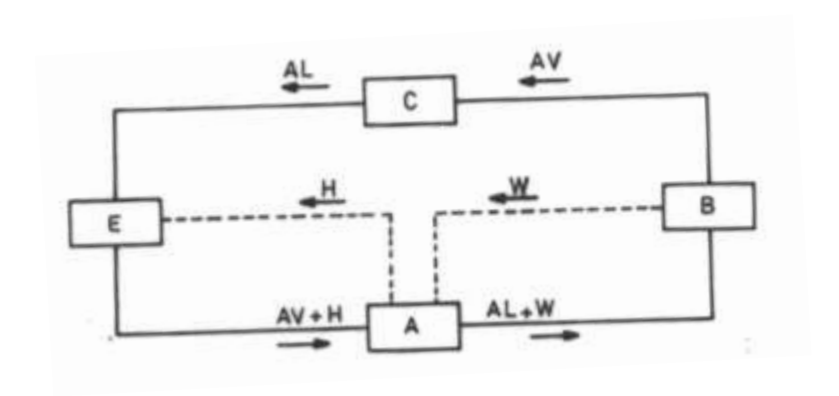
حيث أن :-

الغلاية (المولد)	B	بخار الآمونيا	AV
المكثف	C	سائل الآمونيا	AL
المبخر	E	الماء	W
الماص	A	الهيدروجين	H

و تتكون شحنه دورة الامتصاص من غاز الآمونيا و الماء و الهيدروجين ، حيث تذوب الآمونيا بالماء مكونه محلول مركز أو مجفف حسب كمية الآمونيا الذائبة ، ويعمل الهيدروجين

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

على تخفيض الضغط المنخفض بالمبخر للوصول إلى درجات حرارة منخفضة ، وهذا تبعاً لقانون دالتون للضغوط الجزئية و هو أن ضغط مخلوط من الغازات في حيز ما يساوى مجموع الضغوط الجزئية المكونة لهذا المخلوط .



الشكل (٣-١٦)

والشكل (٣-١٧) يعرض دورة امتصاص بسيطة لثلاجة منزليه .

حيث أن :-

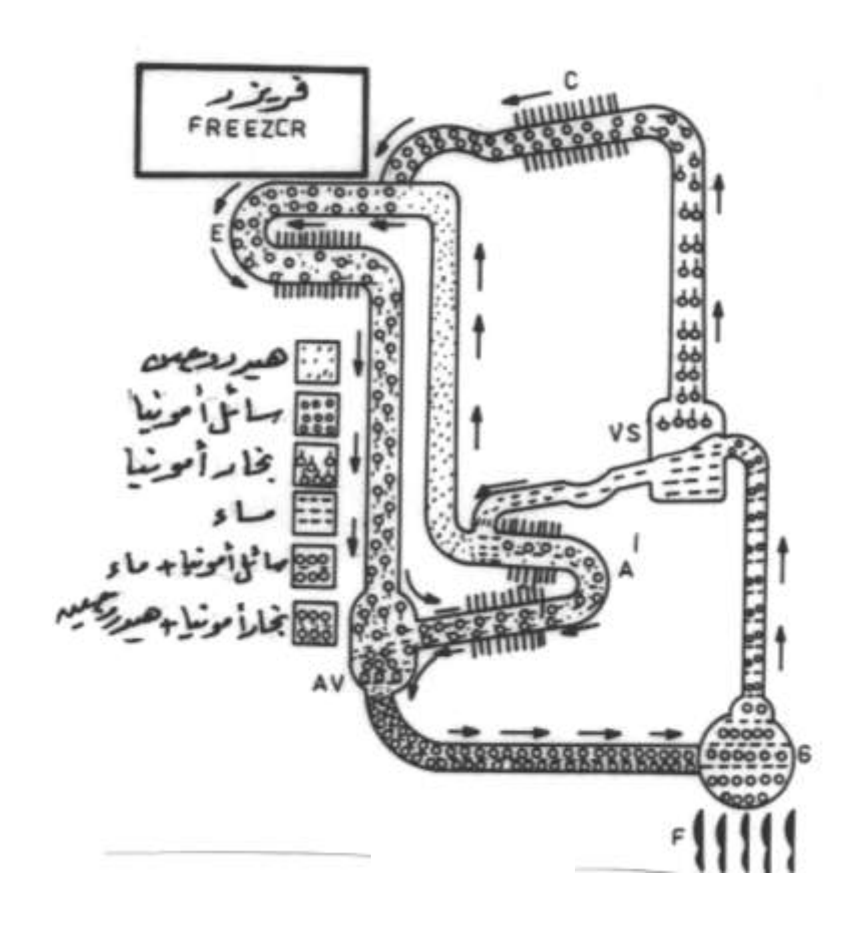
الغلاية	G
إناء فصل الغاز	VS
المكثف	C
المبخر	E
إناء الماص (المستقبل)	AV
الماص	A
لهب	F

نظرية العمل :-

عند تسخين الغلاية G يحدث غليان لمحلول الآمونيا المخفف (آمونيا + ماء) ، و ينتقل هذا المحلول المخفف إلى إناء الفصل VS فينفصل الماء الذي يتوجه إلى الماص في حين يتوجه بخار الآمونيا إلى

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

المكثف C الذي يعمل على تبريد بخار الآمونيا فتتكاثف الآمونيا و يتوجه سائل الآمونيا من المكثف C إلى المبخر E إلى المكثف C كما سيتضح فيما بعد .



الشكل (٣-١٧)

وفي المبخر يتحد الهيدروجين القادم من الماص مع سائل الآمونيا المركز ويتقاسم كلا منهما الضغط في المبخر فينخفض الضغط الجزئي عند درجات حرارة منخفضة جداً و يخرج من المبخر E بخار آمونيا عند ضغط جزئي منخفض مع الهيدروجين ويتوجه هذا المخلوط البخاري إلى المستقبل (إناء الماص AV و الماص A ، و فيهما يتقابل الماء القادم من إناء فصل البخار AV مع المخلوط البخاري المتكون من بخار الآمونيا و غاز الهيدروجين فيتحد الماء مع بخار الأمونيا ، ويتكون محلول آمونيا مشبع يتوجه إلى الغلاية في حين ينفصل الهيدروجين و يتوجه إلى المبخر E وتتكرر دورة التشغيل .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على
العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الباب الرابع

الضواغط COMPRESSORS

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الضواغط COMPRESSORS

٤ – ١مقدمة

تعد الضواغط القلب النابض في دورات التبريد ، فمن المعروف أن دورة التبريد تتكون من مبادلين حراريين أحدهما يعمل على امتصاص الحرارة من الحيز المراد تبريده ، والثاني يعمل على التخلص من هذه الحرارة الممتصة في مكان يتقبلها سواء كأن هواء أو ماء .

وحتى يمكن ذلك يستخدم مركب التبريد الذي يعمل على نقل هذه الحرارة من المبادل الحراري الأول والذي يمتص الحرارة (المبخر) ، ويكون ذو ضغط منخفض حتى تنخفض درجه غليانه ويحقق درجة الحرارة المطلوبة في حين يتم طرد الحرارة في المبادل الحراري الثاني ويكون ذو ضغط عالي فترتفع درجة حرارة غليانه لتكون أكبر من درجة حرارة الهواء الجوى المحيط بالمبادل ، ومن ثم تنتقل الحرارة إلى هذا الهواء و يسمى هذا المبادل بالمكثف .

ويقوم الضاغط بتحقيق الضغط اللازم في دورة التبريد حيث يعطى الضغط العالي المطلوب لإتمام عمليه التكثيف ، ويساعد في انخفاض الضغط داخل المبخر عن طريق سحبه لمركب التبريد .

ويمكن تقسيم الضواغط المستخدمة في دورات التبريد إلى :-

١- ضواغط ترددية Reciprocating Com .

٢- ضواغط دوارة Rotary Com .

٣- ضواغط طارده مركزية Centrifugal Com .

٤-ضواغط حلزونية Screw Com .

٤ – ٢الضواغط الترددية Reciprocating Compressors

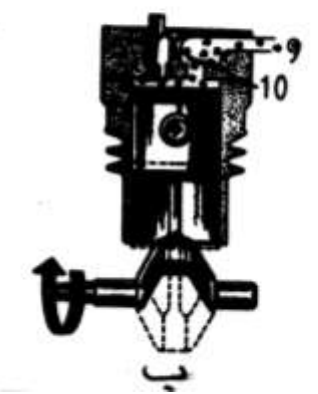
تمثل الضواغط الترددية النسبة العظمى بين الأنواع الأساسية الثلاثة للضواغط المستخدمة في دورات التبريد ، وتتراوح سعاتها ما بين جزء من الطن تبريد إلى حوالي 200 طناً . و يعتبر الضاغط الترددي ممتاز من الناحية الاقتصادية حتى 150 طن تبريد و يشبه الضاغط الترددي إلى حد كبير محرك السيارة حيث تنتقل الحركة من عمود المرفق (عمود الكرنك) إلى المكابس لتتحرك داخل الاسطوانات حركة ترددية .

والشكل (٤-١) يبين الفكرة الأساسية لعمل الضواغط الترددية .

حيث أن :-

عمود الإدارة (الكرنك)	1
ذراع التوصيل	2
المكبس	3
الاسطوانة	4
رأس الاسطوانة	5
بخار بارد من خط السحب	6
صمام السحب	7
شنابر المكبس	8
بخار مضغوط متجه للمكثف	9
صمام الطرد	10

فعند حركة ركبة عمود المرفق لأسفل يتحرك المكبس داخل الاسطوانة لأسفل و يفتح صمام السحب ، فيدخل بخار مركب التبريد البارد والقادم من المبخر إلى غرفه الانضغاط داخل الاسطوانة (الشكل أ) . وعند حركة ركبه عمود المرفق لأعلى يتحرك المكبس لأعلى داخل الاسطوانة ضاغطاً بخار مركب التبريد ، وعند ضغط معين يفتح صمام الطرد في حين يغلق صمام السحب و خرج مركب التبريد بضغط عالي وحرارة عالية إلى المكثف (الشكل ب) وتكرر دورة التشغيل المكونة من شوط سحب وشوط طرد .

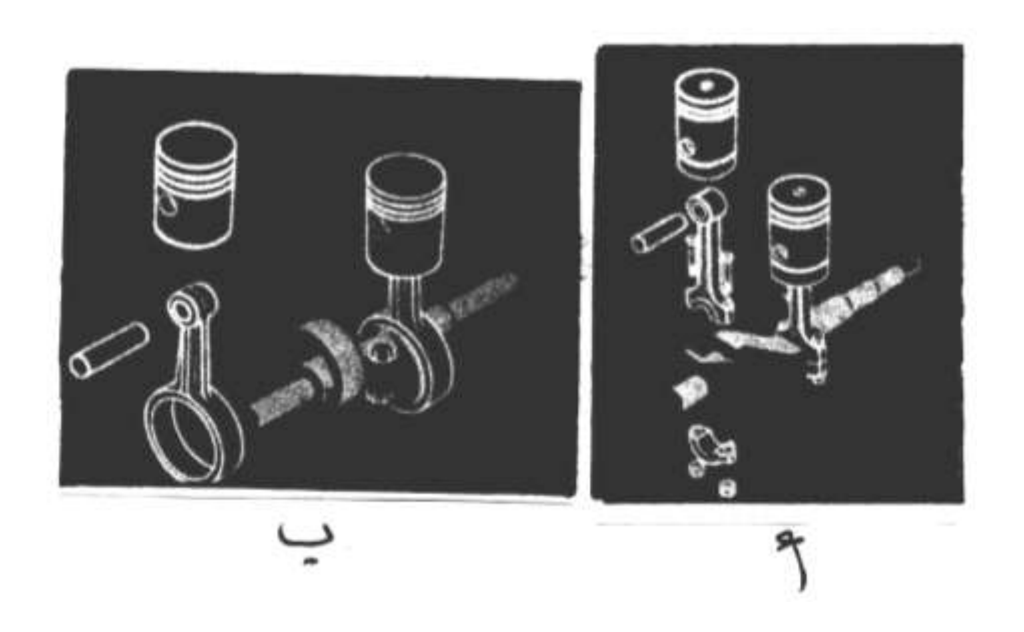


الشكل (٤-١)

وتتم عملية نقل الحركة وتحويلها من حركه دورانية لترددیه بأربعة طرق الأولى باستخدام عمود الإدارة التقليدي Crank shaft ، والثانية باستخدام عمود إدارة لا مركزي Eccentric Shaft ويختلف هذا العمود عن التقليدي بأن عمود الإدارة هنا مستقيم و مركب عليه كامات لا مركزيه ، والطريقة الثالثة يستغني فيها عن ذراع التوصل حيث يتصل المكبس بعمود الإدارة مباشرة Scotch Yoke ، و الأخيرة يستخدم القرص المائل في تحريك المكابس المثبتة عليه مبشرة وهذه الطريقة شائعة في ضواغط تكييف السيارات ، و يسمى هذا القرص Swash Plate .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

والشكل (٤-٢) يعرض نموذجين مختلفين لتحويل الحركة الدورانيه لحركه ترddيه شركه (Carrier).



الشكل (٤-٢)

الشكل (أ) يستخدم عمود المرفق التقليدي (الكرنك) في تحويل الحركة الدورانية إلى حركة ترددية ونقلها إلى المكبس.الشكل (ب) يستخدم عمود بأقراص (كامات) لامركزية . وقد يصل عدد الاسطوانات بالضغواط الترددية إلى 16 اسطوانة وتأخذ هذه الأسطوانات شكل حرف V أو حرف W وتنقسم الضغواط الترددية من حيث الشكل الخارجي العام إلى :-

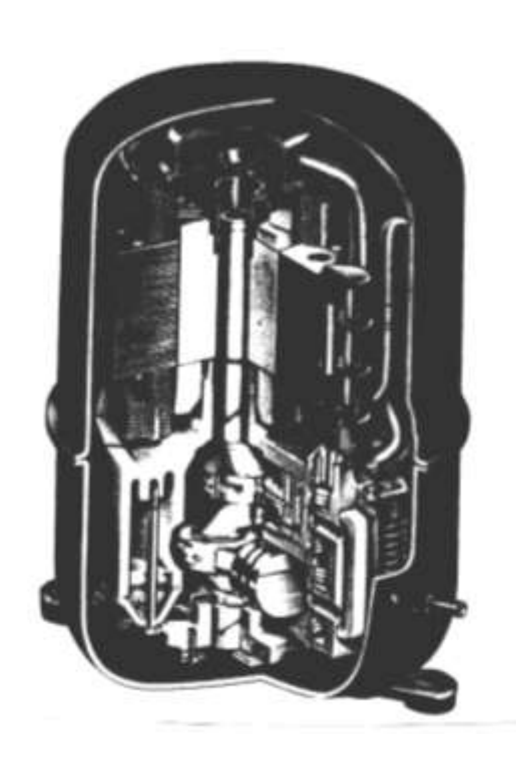
١- ضواغط مغلقة Hermetic Comp.

٢- ضواغط شبه مغلقة Semi-Hermetic Comp.

٣- ضواغط مفتوحة . Open Type Comp

والشكل (٤-٣) يعرض نموذج لضاغط مغلق محكم القفل من إنتاج شركة تكمسه Tecumseh Co. حيث الشكل (أ) يبين الشكل الخارجي للضاغط والشكل (ب) يظهر الأجزاء الداخلية بالضاغط مثل المحرك الكهربي وعمود المرفق والمكبس إضافة إلى يايات التعليق .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتقل بين الصفحات.

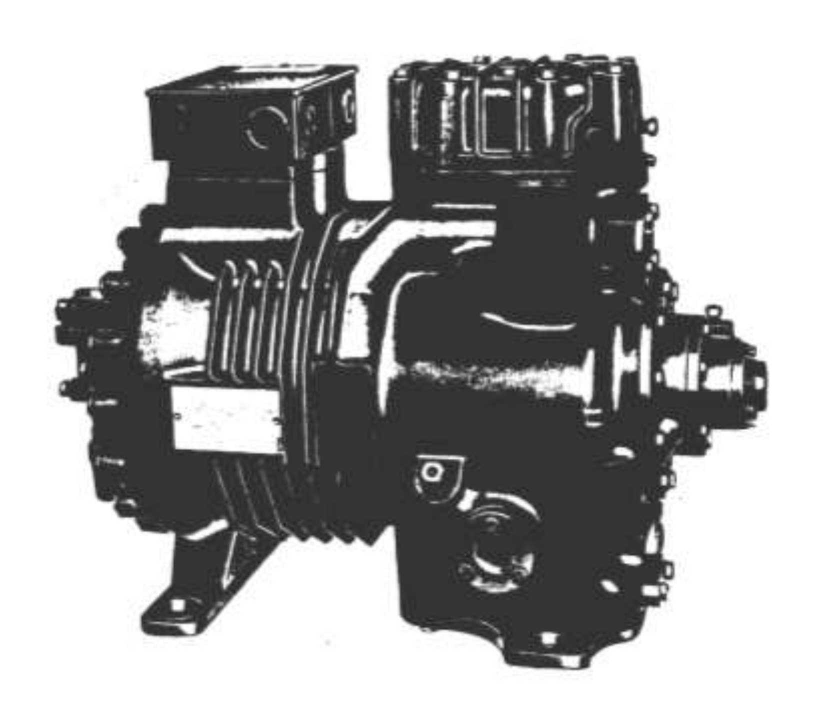




الشكل (٤-٣)

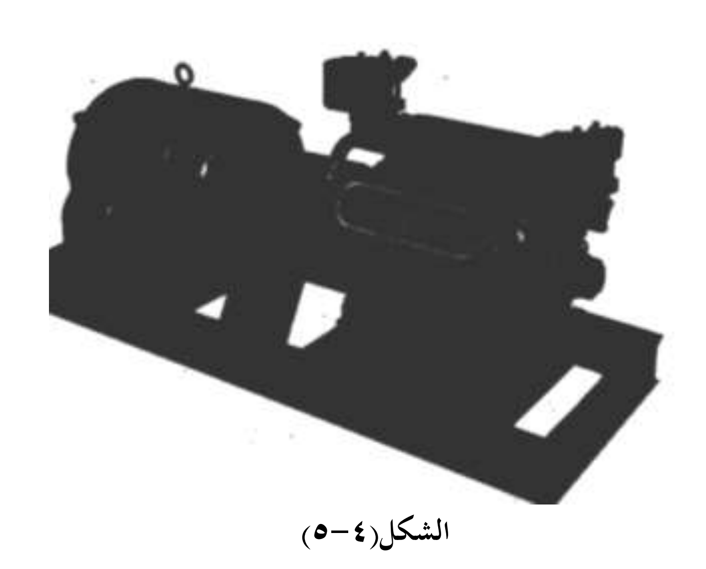
والشكل (٤-٤) يعرض نموذج لضاغط شبه مغلق من إنتاج شركة كوبلاند Copeland Co. ويظهر بالشكل أن جسم الضاغط يحتوى الجزء الميكانيكي والجزء الكهربي (المحرك) ولكنة هناك إمكانية للتعامل مع الجزء الكهربي أيضا وذلك بغرض الصيانة ويختلف عن المغلق بأن المغلق لا يسمح بإجراء أي عملية صيانة له و فقط يستبدل عند تلفه .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.



الشكل (٤-٤)

والشكل (٤-٥) يعرض نموذج لضاغط مفتوح من إنتاج شركة York ويلاحظ أن الحركة تنتقل من المحرك الكهربي إلى الضاغط عن طريق وصلة مرنة Coupling .

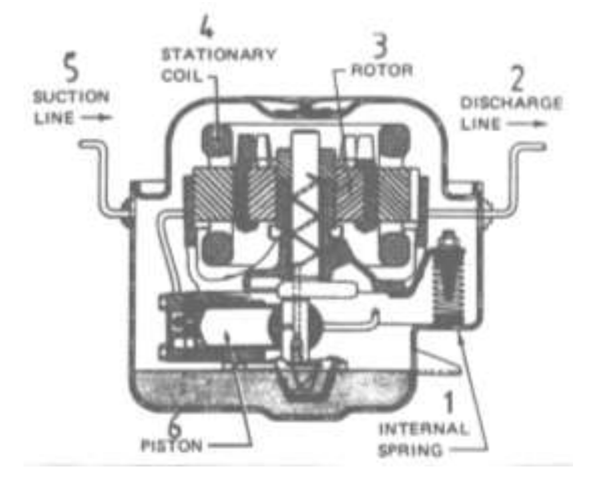


الشكل(٤-٥)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٤-٢-١الضواغط المقفلة Hermatic Processor

بالضواغط المقفلة يوضع الضاغط الميكانيكي والمحرك الكهربي داخل غلاف واحد من الصلب ويوضع بداخله الزيت اللازم لتزييت الضاغط وعادة فأن الضواغط المستخدمة في أجهزة التبريد والتكييف المنزلية تكون النوع المحكم القفل وتصل قدرات الضواغط المغلقة إلى 6H.والشكل (٤-٦) يعرض قطاع من ضاغط مغلق من إنتاج شركة كوبلاند



الشكل (٤-٦)

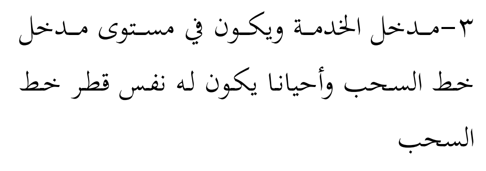
حيث أن :-

ياي داخلي	1
خط الطرد	2
العضو الدوار للمحرك	3
العضو الثابت للمحرك	4
خط السحب	5
مكبس	6

والجدير بالذكر أن الضواغط الترددية المغلقة تكون إما بثلاثة مداخل وهم :-

١-مدخل خط السحب (أكبر قطر)

٢-مخرج خط الطرد (أقل قطر)



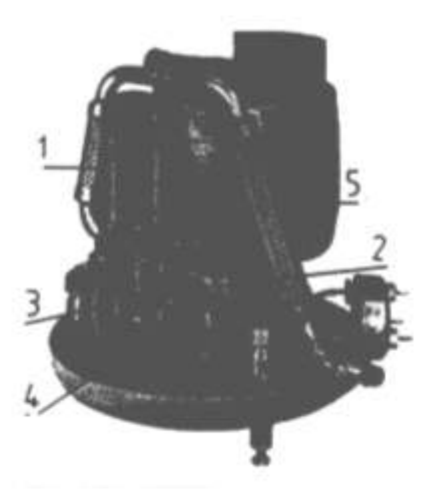
٣-مدخل الخدمة ويكون في مستوى مدخل خط السحب وأحيانا يكون له نفس قطر خط السحب

أو قد تكون بخمسة مداخل وهي :-

١-مدخل خط السحب الأكبر قطراً .

٢- مخرج خط الطرد .

٣- مدخل الخدمة في مستوى مدخل السحب وقد يكون له نفس القطر .



الشكل (٤-٧)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

مدخل ومخرج لتبريد الزيت في اسفل الضاغط .

وفي حالة تساوى أقطار مدخل السحب ومدخل الخدمة يمكن اختيار أي المدخلين كسحب والآخر خدمة وعادة نزود الضواغط المقفلة بكاتم صوت (Muffler) يعمل على إعطاء سريان منتظم لبخار مركب التبريد وخمد الدفع المتقطع والشكل (٤-٧) يعرض قطاع لضاغط ومبين به كاتم الصوت (1) والمكبس (2) وفتحة طرد (3) وفتحة سحب (4) وماص اهتزازات (5) .

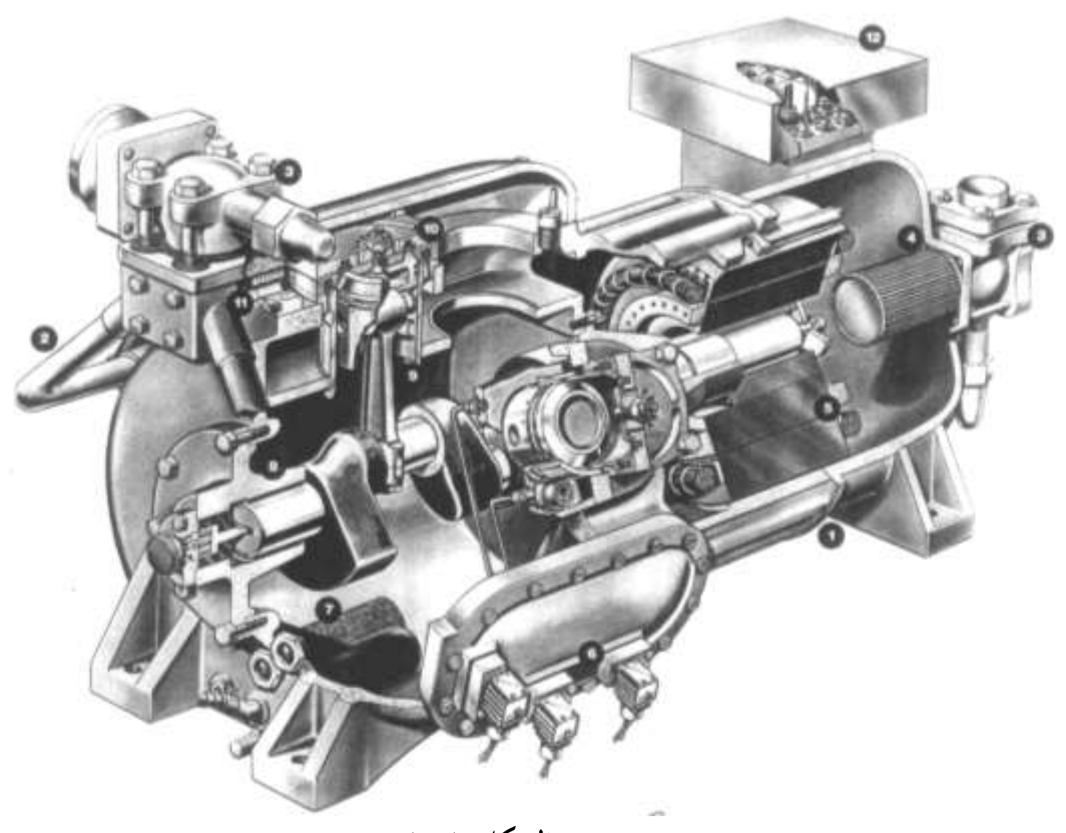
كذلك يقلل كاتم الصوت الضوضاء الصادرة من فعل ضخ الغاز حيث يعمل على زيادة حجم الغاز ضغطه ، ومن ثم وتقليل الضوضاء .

٤-٢-٢ الضواغط شبه المقفلة : Semi Hermetic Compressors

في الضواغط شبه المقفلة يكون المحرك منفصل عن الضاغط ولكنهما مثبتين معا على عمود إدارة واحد ويمكن فك المحرك الكهربي وعمل الصيانة له وكذلك فك الضاغط وعمل الصيانة الميكانيكية اللازمة بشكل مستقل ويساعد تثبيت المحرك مع الضاغط على عمود إدارة واحد في تبريد المحرك الكهربي حيث تنتقل الحرارة من المحرك إلى بخار التبريد الموجود داخل الضاغط والشكل(٤-٨) يعرض نموذج لضاغط شبه مقفلة من إنتاج شركة (York) .

حيث أن:-

جسم المحرك الخارجي ويمكن فكه عند الصيانة	1
وصلة تجميع الغاز من رأس الاسطوانات إلى كاتم الصوت	2
صمامات يدوية لخط السحب وخط الطرد	3
مرشح خط السحب	4
المحرك الكهربي	5
صمامات كهربية للتحكم في سعة الضاغط	6
مرشح الزيت	7
عمود المرفق (الكرنك) وكرس التحكم	8
مكبس وذراع توصيل	9
صمامات الطرد والضغط للمكبس	10
كاتم صوت داخلي	11
غطاء أطراف توصيل المحرك	12



الشكل (٤-٨)

وتستخدم الصمامات الكهربية للتحكم في سعة الضاغط وذلك بتعطيل بعض هذه الأسطوانات بمعنى إعادة خرج هذه الأسطوانات إلى دخلها (Bypass) وسوف نتناول هذا بالتفصيل لاحقا أن شاء الله.وتحتوى الضواغط شبه المغلقة على عدد من الأسطوانات تصل إلى 16اسطوانة ،وترتب الأسطوانات في مجاميع كل مجموعة مؤلفة من اسطوانتين يتم تغطيتها بغطاء واحد.

والشكل (٤-٩) يعرض نماذج لضواغط شبه مقفلة فالشكل (أ) يبين الأسطوانات في خط مستقيم رأسي وفي الشكل (ب) الأسطوانات تأخذ شكل حرف (V) وفي الشكل (ج) تأخذ الأسطوانات شكل حرف(W) وهذه الضواغط من إنتاج شركة كوبلاند (Copeland) .

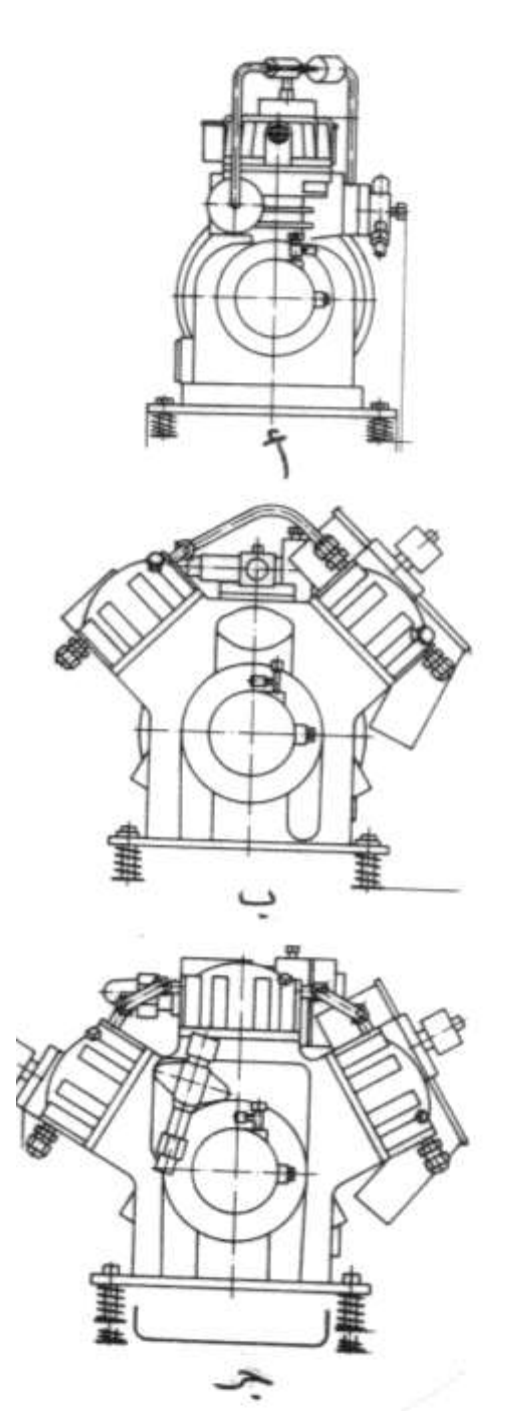
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٤-٢-٣ الضواغط المفتوحة Open Type Compressors

استخدمت الضواغط الترددية المفتوحة في السابق في دورات التبريد في الصناعة حيث كأن يتم نقل الحركة من المحرك الكهربي إلى الضاغط ، إما عن طريق سيور مباشرة وعبر طارات نقل حركة أو عن طريق ربط عمود المحرك بعمود الضاغط بواسطة وحدات ربط (Coupling) فأن السرعة تكون ثابتة وتكافئ سعة المحرك. وللضواغط المفتوحة عيوب كثيرة فهي كبيرة الحجم وذات أوزان كبيرة لأنها مصنوعة من الحديد الزهر ،وقد يتسرب مركب التبريد من مانعات التسرب المركبة الشكل(٤-٩) على أعمدتها ،كما أن الضوضاء الصادرة منها عاليه من جراء نقل الحركة بالسيور ومن المرفقات الأخرى المركبة عليها إضافة إلى أن السيور تتعرض عادة للقطع لذلك لم تعد الضواغط المفتوحة منتشرة هذه الأيام ولكنها تستخدم فقط في السيارات المبردة (الثلاجات) وفي تكييف السيارات وفي الوحدات العاملة بالآمونيا.

٤-٢-٤ التدفق لحجمي ونسبة الانضغاط للضواغط الترددية

التدفق الحجمي للضاغط هو حجم بخار مركب التبريد الخارج من الضاغط خلال ساعة واحدة يساوى .



الشكل (٤-٩)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

$$V= \left(\pi D^2/4 \right) * S * N * Z * 60 (m^3/hr)$$

حيث أن :-

قطر أسطوانة المكبس (m) D

شوط المكبس (m) S

عدد الاسطوانات Z

سرعة الدوران (دورة/دقيقة) N

أما نسبة الانضغاط Compression Ratio هي :- لنسبة بين ضغط الطرد Pd وضغط السحب Ps علما بأن كلا الضغطين مطلق .

الشكل (٤-١٠)

والجدول (٤-١) يعطى نسبة الانضغاط للأنواع المختلفة من مركبات التبريد عند درجة حرارة تكثيف 30^0C ودرجة حرارة تبخير -15^0C

الجدول(٤-١)

R12	R22	R717	R718	R744	R40	R764	R502
4.08	4.06	4.94	6.95	3.10	4.48	5.61	9.9

ولنسبة الانضغاط أهمية كبيرة حيث أنه يجب أن لا تزيد هذه النسبة عن 10 : 1 فزيادة نسبه الانضغاط عن هذه القيمة قد تؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة مركب التبريد بالدرجة التي تؤدى إلى انهيار الزيت وتلف الضاغط.

مثال:-

دورة تبريد تعمل عند ضغط سحب bar 0.7 وضغط طرد bar 10.3 والمطلوب حساب نسبة الانضغاط بالدورة .

الحل : ضغط السحب المطلق 1 + 0.7 = 1.7 bar

ضغط الطرد المطلق 1 + 10.3 = 11.3 bar

نسبة الانضغاط = ضغط الطرد المطلق / ضغط السحب المطلق

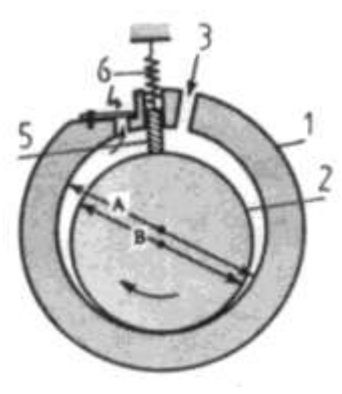
11.3/ 1.7 = 6.6

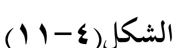
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٤-٣ الضواغط الدورانية الريشية Vane Rotating Compressors

تعتبر الضواغط الدورانية ابسط من الضواغط المكبسية حيث أن الجزء المتحرك الوحيد في الضواغط الدوارة هو العضو الدوار الأسطواني والذي يدور بطريقة لا مركزية داخل العضو الثابت الأسطواني المثبت فيه فتحه السحب وفتحه الطرد .

وينتج عن الدوران المركزي تلامس العضو الدوار مع العضو الثابت الأسطواني في نقطة تماس وينتج عن ذلك تقسيم الفراغ الموجود بين العضو الدوار والثابت إلى منطقتين إحداهما تكون منطقة سحب والأخرى تكون منطقة انضغاط وتنقسم الضواغط الدورانية إلى قسمين هما :



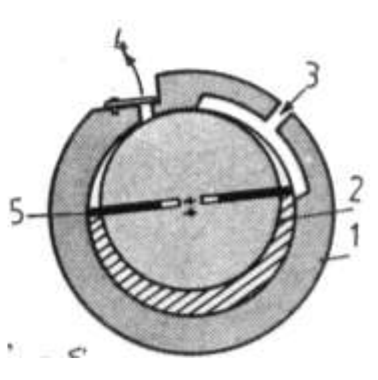

الشكل(٤-١١)

١- ضواغط دورانية بريش دواره

٢- ضواغط دورانية بريش ثابتة

والشكل (٤-١١) يعرض مخطط مبسط لضاغط دوار ذو ريشه ثابتة حيث أن :-

العضو الثابت	1	فتحه الطرد	4		
العضو الدوار	2	الريشة	5		
فتحه السحب	3	ياي	6		



حيث تثبت الريشة في جسم الاسطوانة وعند دوران الحلقة (القرص) الغير مركزية فأنها تلامس الاسطوانة في نقطة تلامس الريشة على فصل منطقة السحب عن منطقة الطرد (الدفع) وتتغير وضع الحلقة الغير مركزيه من لحظة لأخرى كما أن الريشة المثبتة في الاسطوانة يمكن أن يتغير


وضعها تبعا لتغير وضع الحلقة الغير مركزيه بفعل الياي المثبت خلفها . **الشكل(٤-١٢)**

والشكل (٤-١٢) يبين ضاغط دوار بريشتين متحركتين ومثبتين في الحلقة (القرص) الغير مركزيه.حيث تتشكل منطقة السحب ومنطقة الضغط بفعل الريشتين

علما بأن الريش المتحركة المثبتة في الحلقة الغير مركزية قابله للانضغاط بفعل الياي المثبت خلفها علما بأن محتويات هذا الشكل لا تختلف عن مثيلتها لشكل السابق .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

ولتزييت الضواغط الدوارة أهميه خاصة حتى تعمل بكفاءة فهي تحتاج إلى وجود طبقه رقيقه من الزيت وباستمرار على العضو الثابت والعضو الدوار وعلى الريش المنزلقة ويصل الزيت إلى العضو الثابت من خلال كراس المحور الرئيسية وفي بعض الأحيان تستخدم مضخة منفصلة لتحقيق التزييت المطلوب ،ويجب أن تتوافر الشروط التالية في الزيت :-

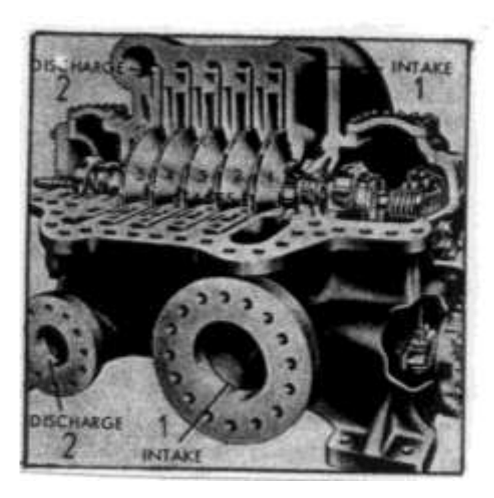
١- خالي من الرطوبة والشمع
٢- لزوجته صحيحه تناسب مركب التبريد المستخدم
٣- خالي من الشوائب التي تسبب تكون الكربون حول صمام العادم Exhaust Valve

وتتميز الضواغط الدوارة بأنها تصدر ضوضاء منخفضة وتعمل على مركبات التبريد التي لها حجم نوعى عالي مثل R-22 .

٤-٤ الضواغط الطاردة المركزية Centrifugal Compressor

تستخدم الضواغط الطاردة المركزية القوة الطاردة المركزية لضغط بخار مركب التبريد . وتستخدم هذه الضواغط عادة في أنظمة تكييف الهواء التي سعاتها تتراوح ما بين 5000 : 50 طن تبريد ويفضل استخدام هذه الضواغط مع مركبات التبريد التي لها حجم نوعى كبير مثل R 22 .

وتتميز الضواغط الطاردة المركزية بأنها متعددة المراحل بمعنى أن الضغط الناتج يساوى مجموع الضغوط الناتجة عن كل مرحله .



الشكل(٤-١٣)

والشكل (٤-١٣)يعرض قطاع توضيحي لضاغط طارد مركزي من إنتاج شركة (Carrier) يبين تركيبه الداخلي .

حيث أن :-

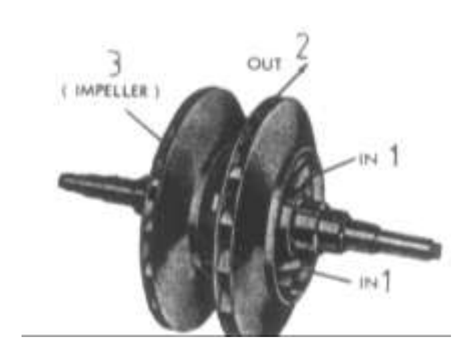
دخول مركب التبريد (Intake) 1
خروج مركب التبريد(Discharge) 2

ويتكون الضاغط الطارد المركزي من عضو ثابت وعضو دوار أما العضو الثابت فيه فتحات الدخول والخروج لمركب التبريد .

والشكل(٤-١٤) يعرض نموذج للعضو الدوار لضاغط طارد مركزي بمرحلتين من إنتاج Carrier

حيث أن :-

دخول (In)	1
خروج (Out)	2
العضو الدوار(Impeler)	3



الشكل (٤-١٣)

حيث يدخل بخار مركب التبريد المسحوب موازيا لعمود الدوران ويدفع البخار في اتجاه عمودي على محور الدوران بفعل القوة الطاردة المركزية و يكتسب سرعة عالية وتتحول هذه السرعة العالية إلى ضغط ، ولتحقيق ضغط عالي يصنع الضاغط بمراحل متعددة حيث يدخل خرج المرحلة الأولى إلى دخل المرحلة الثانية . وتصل هذه الضواغط بكفاءة معقولة حتى 20 % من الحمل الكامل وتقل هذه الكفاءة إذا انخفض الحمل الحراري عن هذه النسبة .

ونظرا لأن هذه الضواغط تعمل بسرعات عالية تصل إلى 8000 لفه/دقيقه ، لذلك تستخدم أحيانا التوربينات البخارية في إدارتها أو المحركات الكهربية التي لها سرعات عالية ولا تسبب هذه السرعات مشاكل ميكانيكية غير تآكل كراسي المحور بالضاغط . وبما أن الضواغط الطاردة المركزية لها نسبه انضغاط منخفضة ،لذلك فهي تحتاج لإدارتها بسرعة دوران عاليه وأن تكون مزودة بعدة مراحل داخليه لزيادة الضغط وحيث أن أقصى سرعة دوران يمكن الوصول إليها من المحركات الإستنتاجية عند تردد 50 HZ هي 3000 RPM ،لذلك فأن هذه الضواغط تحتاج إلى صندوق تروس لزيادة السرعة اكثر من 10 مرات .

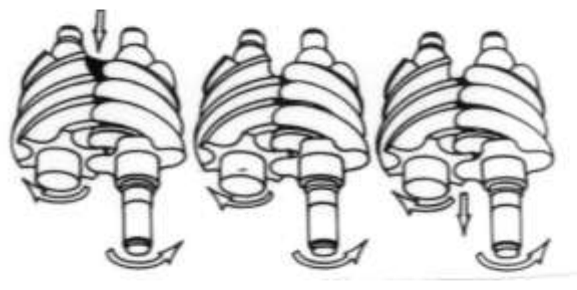
٤-٥ الضواغط الحلزونية الدوارة Screw Compressors

صممت الضواغط الحلزونية في السويد عام 1930 وتم إدخالها الخدمة في دوائر التبريد في أمريكا عام 1950 وتتوفر بسعات تبريدية تتراوح ما بين 100 : 700 طن تبريد .

وتستخدم عادة مع أنظمة التبريد العاملة بمثلجات المياه Water Chiller ، وتعطى مدى واسع من درجات الحرارة في مجال التكييف .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على
العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

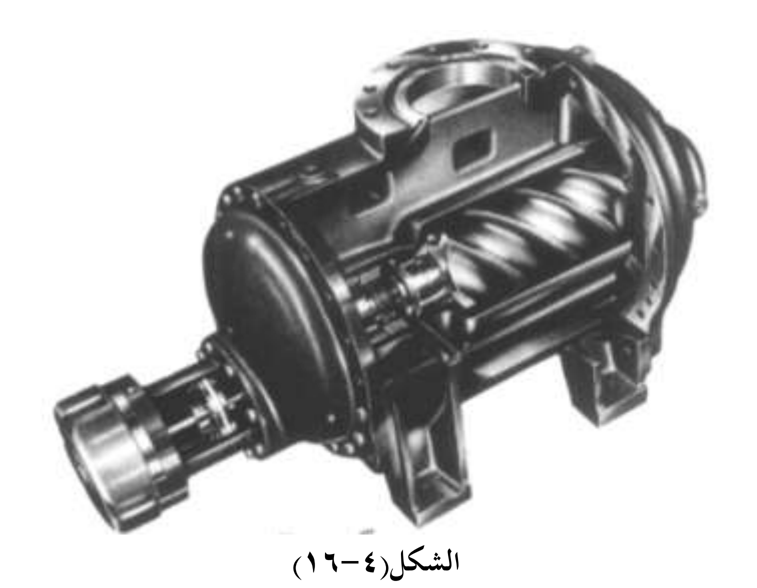
والشكل (٤-١٥) يوضح فكرة عمل الضواغط الحلزونية في شوط الانضغاط (شركة York) وتتكون الضواغط الحلزونية من بريمتين إحداهما قائدة والأخرى منقادة حيث يدخل مركب التبريد البخاري ليملأ الفراغ بين الأسنان المتجاورة والموجودة عند مدخل الضاغط .



الشكل(٤-١٥)

وعند دوران البريمة القائدة تتحرك الفراغات المتشكلة من أسنان البريمتين عند مدخل الضاغط ومع صغر هذه الفراغات يتم ضغط غاز مركب التبريد وعندما تصبح هذه الفراغات المنضغطة أمام مخرج الضاغط يخرج الغاز بضغط كبير ، ويمكن التحكم في سعه الضاغط بالدوران الداخلي للغاز مؤديا تخفيض السعه إلى حوالي 10 % من السعه المعنية .

والشكل (٤-١٦) يعرض صوره لضاغط حلزوني من إنتاج شركة (York) .



الشكل(٤-١٦)

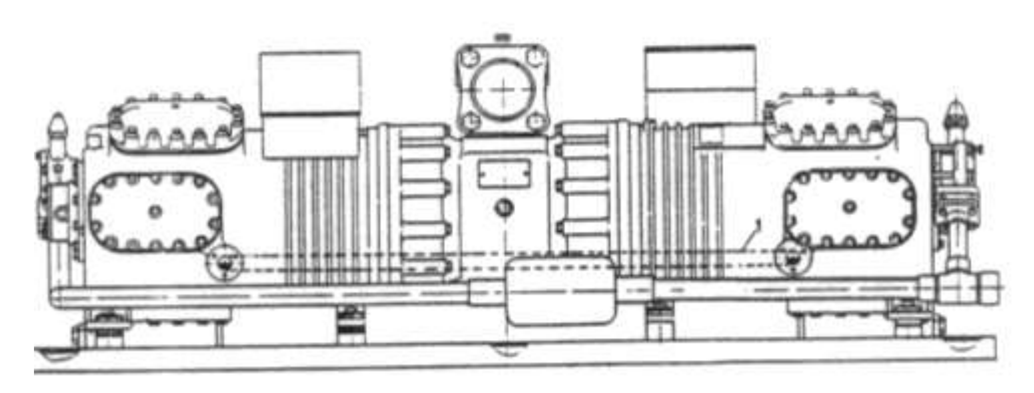
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٤-٦ الضاغطين التوأم Twin Compressors

يتكون الضاغطين التوأم من ضاغطين متماثلين مثبتين معا من جهة محركيهما على عمود إدارة واحد ويكون صمام خط السحب عند التقاء الضاغطين .

ويستخدمان في كثير من التطبيقات ذات السعات التبريديه العالية ،ومن الممكن أن يعمل ضاغط واحد بمفرده أو أن يعمل الضاغطين معا وبذلك يتحكم في السعه ابتداء من 50 % وحتى 100% .

والشكل (٤-١٧) يعرض المسقط الأمامي لضاغطين توأم من إنتاج شركة (Copeland) .



الشكل (٤-١٧)

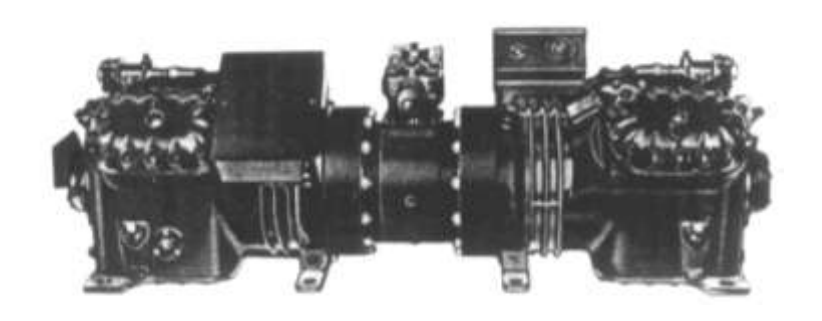
حيث أن :-

خط معادلة مستوى الزيت والضغط 1

ونسبه لعدم التقسيم المتساوي للزيت الراجع عن طريق خط السحب بين الضاغطين فأنه يتم توصيل صندوقي المرفق للضاغطين معا بخط أفقي ، وبذلك يتم المساواة لمستوى الزيت في الضاغطين وكذلك تساوى ضغوط السحب لهما . ويجب أن لا يقل مستوى الزيت عن 1/3 مستوى مبين الزيت (زجاجه بيان الزيت) أثناء توقف الضاغطين وعند إيقاف أحد الضاغطين يجب منع مركب التبريد من التدفق إلى الضاغط المتوقف والذي يؤدى إلى تحميله الضاغط عند بدء الدوران لذلك يستخدم سخان صندوق المرفق ويتم الاستعانة بنظام الضخ السفلي (Pump Down) في نظام التشغيل والتي سنتناوله بالتفصيل لاحقا إن شاء الله .

والشكل (٤-١٨) لضاغطين توأم من إنتاج شركة كوبلاند (Copeland)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

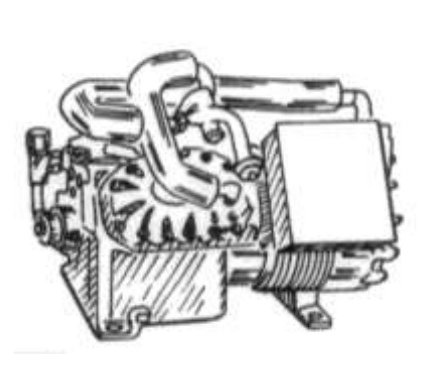


الشكل(٤-١٨)

٤-٧ الضواغط ذات مرحلتي الضغط Two –Stage Copressors

نظرا لأن مركب التبريد الذى يستخدم في الوقت الراهن في وحدات التبريد التي تعمل عند درجات حرارة منخفضة تصل إلى^{0}C -60 ، هو مركب تبريد R-502 وحيث أن هذا المركب سيتوقف إنتاجه ويمنع استخدامه بعدما ثبت تأثيره على طبقة الأوزون فأن الشركات لجأت لاستخدام مركب التبريد R-22 كبديل له حيث لا يؤثر على طبقة الأوزون الخارجية وذلك باستخدام ضواغط ذات مرحلتين لتحقيق درجات الحرارة المنخفضة و تتراوح سعات هذه الضواغط من 5 HP إلى 60 HP .

والشكل (٤-١٩) يعرض نموذج لضاغط بمرحلتين من إنتاج شركة (Copeland) وتتواجد هذه الضواغط بعدد مختلف من الأسطوانات 3 أو 6 ففي حالة الضاغط ذات الثلاث اسطوانات يخصص اسطوانتين لمرحلة الضغط المنخفض واسطوانة لمرحلة الضغط العالي ، وفي حالة ست اسطوانات فيخصص أربعة اسطوانات للضغط المنخفض واسطوانتين للضغط العالي ولهذه الضواغط ثلاث مستويات وهي :-



الشكل (٤-١٩)

١- ضغط عالي وهو ضغط خاص بالمكثف .

٢- ضغط منخفض و هو خاص بالمبخر .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

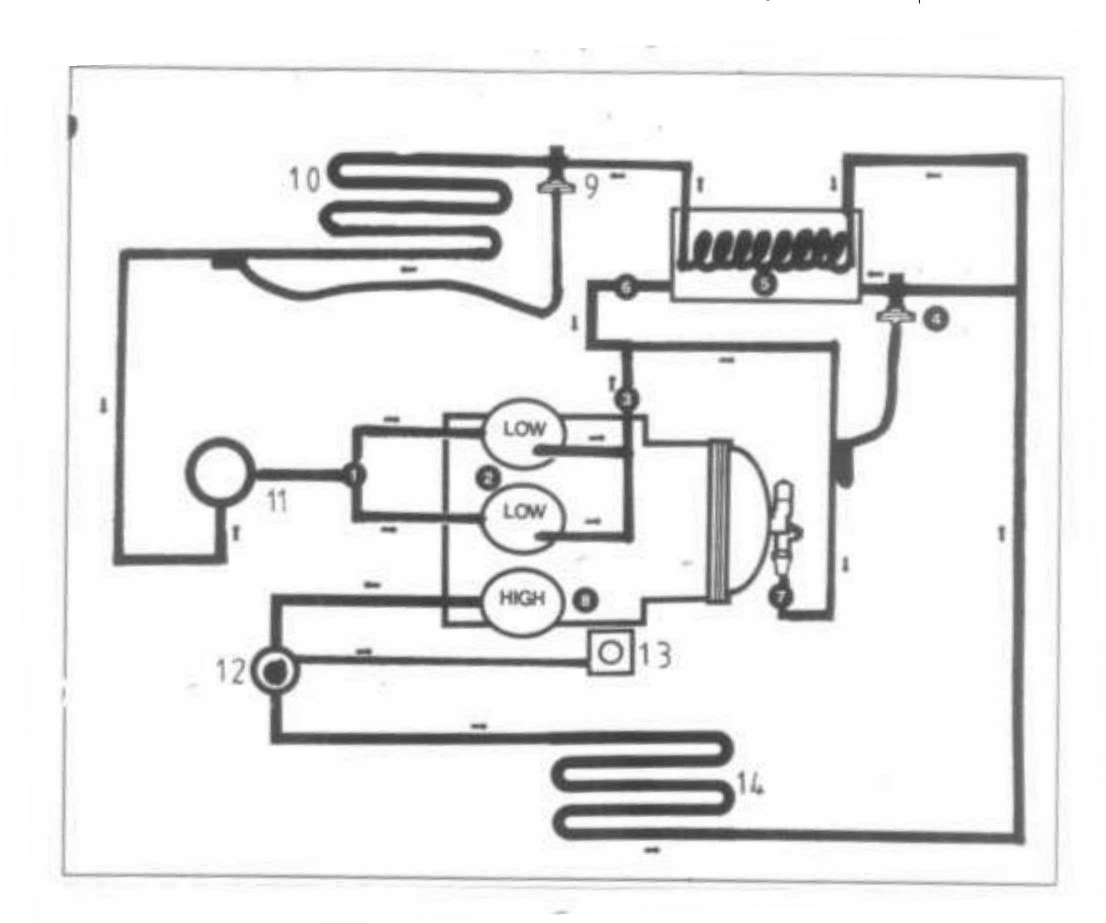
٣-ضغط متوسط و هو ضغط سائل التبريد من صمام التمدد الموفر والذي يمر عبر المبادل الحراري و يتحد مع بخار مركب التبريد الخارج من مرحلة الضغط المنخفض و يعمل المبادل الحراري على زيادة تبريد (Sub cool) سائل التبريد الداخلي لصمام التمدد .

أما صمام التمدد الموفر فيعمل على تحقيق وظيفتين :-

الأولى :- المساعدة في زيادة تبريد سائل مركب التبريد الذى يصل إلى صمام التمدد الحراري وبالاشتراك مع المبادل الحراري .

والثانية :- تقليل درجة تحميض بخار مركب تبريد الخارج من المرحلة والداخل المرحلة الثانية .

والشكل (٤-٢٠) يعرض دورة تبريد مركبه لأحد وحدات التبريد التجارية لشركه(Totaline) يستخدم فيها ضاغط بمرحلتين .



الشكل (٤-٢٠)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

حيث أن :

مخرج مجمع السائل في خط السحب	1
اسطوانات مرحله الضغط المنخفض	2
خرج اسطوانات الضغط المنخفض	3
صمام تمدد حراري للتوفير	4
مبرد بيني (مبادل حراري)	5
سائل مركب التبريد الخارج من المبرد البيني	6
مدخل الضغط العالي بالضاغط	7
اسطوانة الضغط العالي بالضاغط	8
صمام التمدد الحراري	9
المبخر	10
مجمع السائل بخط السحب	11
فاصل الزيت	12
عوامة الزيت	13
المكثف	14

ولشرح كيفية عمل الدورة فانها تتلخص فيما يلي :-

- غاز مركب التبريد القادم من مجمع خط السحب (1) يدخل إلى مرحلة الضغط المنخفض (Low) بالضاغط (2) و يخرج مركب التبريد بضغط متوسط من مخرج المرحلة الأولي (3) .
- سائل مركب التبريد الخارج من المكثف ينقسم إلى جزئين و كلاهما يمر عبر المبادل الحراري (5) ولكن بضغطين مختلفين . حيث أن إحداهما يمر عبر صمام التمدد الموفر (4) قبل دخوله إلى المبادل الحراري والذي ينخفض ضغطه و درجة حرارته و يعمل على زيادة تبريد الجزء الثاني من السائل و المار بالمبادل الحراري (Sub cool) .
- يختلط مركب التبريد السائل الخارج من المبادل الحراري (6) مع بخار مركب التبريد الخارج من المرحلة الأولى (3) ويدخل هذا الخليط إلى مدخل الضغط العالي (7) وتفيد عملية الخلط هذه في تقليل التحميض لبخار مركب التبريد الداخل إلى مرحلة الضغط العالي

- يخرج بخار مركب التبريد من مرحلة الضغط العالي (8) ليمر بفاصل الزيت (12) و الذى يعيد الزيت إلى صندوق المرفق عند إحساس العوامة بتجمعه داخل الفاصل .
- يمر مركب التبريد بالمكثف ويتكثف وتعيد الدورة نفسها مرة أخرى .

٤-٨ العوامل التي تؤثر على سعه الضغط

عند قيام الشركات المصنعة للضواغط بتصميم الضاغط فأن السعه تحسب تبعا لحجم مركب التبريد الذى يمكن فتحه ، وهذا يمكن تعيينه من إبعاد المكبس والأسطوانة وسرعة دوران الضاغط وبعد خروج الضاغط من المصنع فأن هناك بعض العوامل التي تؤثر على سعته مثل :-

١- نوع مركب التبريد في الضاغط الذى يضخ مركب تبريد له كثافة منخفضة سوف يكون له سعه اكبر مقارنه بمثيله الذى يضخ مركب تبريد أخر له كثافة اكبر .

٢- الطاقة الكامنة لمركب التبريد وكلما زادت ازدادت السعه .

وباجتماع هذين العاملين فان الضاغط الذي يعمل على مركب تبريد R-22 سوف يكون له سعة تبريدية ضعف الذي يعمل على مركب التبريد R-12 عند نفس درجات الحرارة ونفس حجم الضاغط . وهناك عامل أخر يؤثر على السعه التبريديه للضاغط وهو ضغط السحب فالضاغط الذى يعمل عند 2.8 bar له سعه تبريديه أكبر من مثيله الذى يعمل عند ضغط سحب 1.4 bar ، لاحتوائها على وزن أكبر من مركب التبريد ونظرا لأن زيادة وزن مركب التبريد المدار بالدائرة يؤدى إلى زيادة الطاقة الممتصة ، ومن ثم زيادة السعه التبريديه وكذلك فأن ضغط طرد الضاغط يؤثر على السعه التبريديه ولكن بمعدل اقل من ضغط السحب ، فكلما زاد ضغط الطرد قلت سعة الضاغط ولسرعة دوران الضاغط تأثير على سعته حيث تزداد السعه مع زيادة سرعة الدوران والجدول (٤-٢) يعطى السعه التبريديه بالكيلو وات وكذلك القدرة الكهربية لدرجات حرارة تكثيف مختلفة ولسرعات ودرجات حرارة سحب مختلفة .

الجدول (٤-٢)

درجة حرارة الطرد °C	درجة حرارة السحب °C	400 RPM		500 RPM	
		KW السعه التبريديه	KW القدرة الكهربية	KW السعه التبريديه	KW القدرة الكهربية
43	-7	32	12 .4	40	15 .5
	10	64	14 .8	79	18 .2
54	-7	26	13 .4	33	16.8
	10	54	17 .6	67	22

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

ويلاحظ أنه عند الزيادة في درجة حرارة خط السحب أي زيادة ضغط السحب فأن معدل زيادة السعة التبريدية يكون اكبر من معدل زيادة الطاقة المستهلكة في محرك الضاغط .
وبالتالي كلما زاد ضغط السحب زادت النسبة بين السعه التبريديه على قدرة محرك الضاغط ، ومن ثم قلت تكلفة التشغيل .

٤-٩ تزيت الضواغط

تحتاج الضواغط المستخدمة في دورات التبريد إلى زيوت ، فالتزييت يعمل على تقليل الاحتكاك بين الأجزاء الميكانيكية المتحركة و تشتق زيوت التزييت المستخدمة في مجال التبريد من الزيوت المعدنية

و فيما يلي أهم خصائص الزيوت :-

١- أن يحقق خليط الزيت مع مركب التبريد التزييت الكافي للأجزاء المتحركة بالضاغط .
٢- أن لا يحتوى على رطوبة أو شوائب تؤثر على أداء الوحدة .
٣- يجب ألا يكون محلول رغوي .
٤- أن يكون مقاوم للتأكسد .
٥- أن يناسب مركب التبريد ولا يتسبب في تكوين أي مركبات تساعد على التفاعلات الكيميائية.
٦- أن يكون له مقاومة كهربية عالية خصوصا عند استخدامه مع الضواغط المحكمة القفل وشبه المقفلة .
٧- أن يكون خالي من الشمع .

والجدول (٤-٣) يعطى بعض أنواع الزيوت والشركات المصنعة له والمستخدمة في الضواغط الترددية المفتوحة و الشبه مقفلة .

الجدول (٤-٣)

الاستخدام	درجة حرارة المبخر	نوع مركب التبريد	الشركة المصنعة	نوع الزيت
الضواغط الترددية المحكمة الغلق	> -84 ^{0}C	R-12 R-22 R-502	Shell Texaco.Inc Esso.Co	Calvus - 27 Capella - B Zerice - 50
	> -40 ^{0}C	R-500 R-12 R-22 R-502	Shell Texaco-Inc Esso-Co	Calvus-33 Capella-D Zerice-50

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

وتوجد بالضاغط عدة أسطح تتعرض للاحتكاك فيما بينها وتحتاج إلى زيت لتقليل التآكل الذى يحدث نتيجة للاحتكاك وهذه الأسطح كما يلي :-

- السطح الخارجي للمكبس مع السطح الداخلي للأسطوانة .
- ذراع التوصيل مع مسمار تثبيت المكبس .
- ذراع التوصيل مع عمود المرفق .
- عمود المرفق مع كراسي المحور.

وللمحافظة على تزييت الأسطح يجب المحافظة على كميه ثابتة من الزيت في حوض الزيت(الكارتير) ويعتبر مستوى عاديا إذا كأن أعلى قليلا من خط الوسط الموجود على زجاجة بيان الزيت بالضاغط وتتم عملية تزيت الأسطح المختلفة بطريقة الرش (Splash) وطريقة الضغط الجبري .

والشكل(٤-٢١) يبين طريقة التزييت بالرش

حيث أن:-

مسمار تثبيت الذراع مع المكبس	1
ذراع التوصيل	2
كرسي محور	3
زجاجة رؤية مستوى الزيت	4
حوض الزيت (كارتير)	5
صباع الطرطشة	6
الزيت	7
ركبة	8

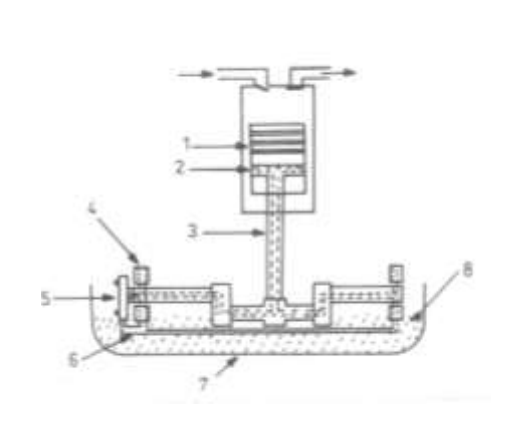
الشكل (٤-٢١)

عند دوران عمود المرفق (الكرنك) تغمر الركبة المثبت فيها ذراع التوصيل داخل حوض الزيت وعند خروج الركبة من الحوض يقوم صباع الطرطشة المثبت على الركبة بطرطشة جزء من الزيت ليصل إلى جدران الأسطوانات والمكبس وكراسي التحميل وهذه الطريقة مناسبة للضواغط التي تدور بسرعات منخفضة ومع السرعات العالية تصبح هذه الطريقة غير كافيه ويستخدم معها الطريقة الثانية والتي تسمى طريقه التزييت الجبرية بالضغط.

والشكل (٤-٢٢)يوضح هذه الطريقة

حيث أن :-

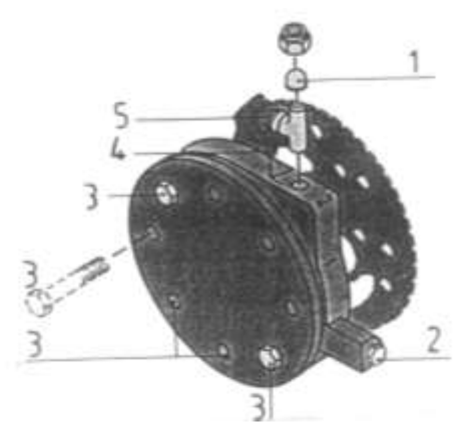
مكبس	1
مسمار تثبيت الذراع مع المكبس	2
ذراع التوصيل	3
كرس محور	4
مضخة الزيت	5
مواسير تغذيه الكراسي بالزيت	6
حوض الزيت	7
زيت التزييت	8



الشكل (٤-٢٢)

وتستخدم طريقة التزييت الجبري بالضغط مع جميع الضواغط الحديثة ففي الضواغط التي قدرتها أكبر من 2.2 KW فأنها تستخدم مضخة زيت ترسيه تتكون من ترسين وتأخذ حركتها من عمود المرفق (الكرنك) وتقوم بدفع الزيت داخل الثقب الموجود بطرف عمود المرفق ويصل الزيت إلى كراسي المحور وذراع التوصيل ومسمار تثبيت المكبس وذلك عبر مجارى داخليه موجودة بعمود المرفق وذراع التوصيل وفي حاله زيادة ضغط الزيت الخارج من المضخة يعود الزيت إلى الحوض عبر صمام ضغط بالمضخة يفتح تحت ضغط الزيت .

والشكل (٤-٢٣) يعرض نموذج لمضخة ترسيه من إنتاج شركه .Copeland Co



الشكل(٤-٢٣)

حيث أن:-

مخرج الزيت المضغوط وينزع غطائها عند تركيب

صمام تصريف الضغط الزائد .	1
ياي غير قابل للضبط	2
مسامير رباط غطاء المضخة	3
لوحه بيانات	4
صمام شارادر لإمكانية قياس الضغط بعداد	5

تعطى مضخة التزييت ضغطا للزيت يساوى ضغط صندوق عمود المرفق إضافة إلى الضغط الناتج من المضخة نفسها ، ولذلك فأن الضغط الفعلي للزيت هو ضغط طرد المضخة ناقصا ضغط خط السحب والذي يساوى ضغط صندوق عمود المرفق .

ويتراوح الضغط الفعلي للمضخة بين 3 .5 bar : 2 .0 فإذا تعدى 4 bar فأنه يعود تلقائيا إلى حوض الزيت بواسطة صمام تصريف المضخة وإذا قل الضغط الفعلي عن 0 .7 bar فلابد من استبدال المضخة .

٤-١٠ التحكم في سعه الضواغط الترددية

من المعروف أنه سواء في عمليات التبريد أو التكييف فان الحاجة القصوى للتبريد لا يحتاج لها كل وقت التشغيل ولذلك فأنه في بعض الأوقات يلزم تقليل السعه التبريديه للوحدة عند الوصول لدرجه الحرارة المطلوبة ،وهناك نظامين لتحقيق ذلك وهما :

١-نظام التشغيل والإيقاف.

٢-نظام تخفيض السعه التبريديه.

ويتبع النظام الأول وهو ما يسمى بنظام الفصل والوصل في الوحدات المنزلية بأنواعها سواء في التبريد أو التكييف ، ويتم ذلك بالاستعانة بترموستات تنظيم الحرارة حيث يعمل على إيقاف الضاغط عند الوصول لدرجة الحرارة المطلوبة ومن عيب هذا النظام التوقف المتكرر وخاصة عند انخفاض الحمل الحراري ولا يتناسب هذا مع الضواغط ذات السعات الكبيرة والتي قد تحتاج إلى فترة زمنية لا تقل عن نصف ساعة بين كل توقف وتشغيل ولذلك فأن هذا النظام يستخدم مع الوحدات المنزلية مثل الثلاجات والمكيفات وعلى أن يكون هناك فتره زمنية فاصله بين كل فتره تشغيل وإيقاف لا تقل عن دقيقتين والتي يصمم عليها الترموستات نفسه إضافة لوجود نظام تعادل الضغوط بواسطة الأنبوب الشعري المستخدم كصمام تمدد .

وفي النظام الثاني يتم تخفيض سعه الضواغط ذات السعات الكبيرة كما يلي :-

١-تغيير سرعة دوران الضاغط .

٢-عمل مسار بديل للغاز الساخن .

٣-عمل مسار بديل لبعض الأسطوانات .

٤-تعطيل بعض الاسطوانات .

٥-ضخ بخار مركب التبريد بالمبخر .

أولا : طريقة تغير سرعة دوران الضاغط

من المعروف أن سعه الضواغط تتناسب تناسب طردي مع سرعة الدوران فكلما ازدادت سرعة الدوران ازدادت سعه الضاغط ،ويمكن استخدام محرك بسرعتين مثل1200RPM أو 1800 RPM ليعطى سعه عالية عند السرعة العالية وسعه تبريديه منخفضة عند سرعة الدوران المنخفضة .

ثانيا : عمل مسار بديل للغاز الساخن

عمل مسار بديل للضاغط حيث يستخدم صمام كهربي بالتوازي مع الضاغط كما بالشكل (٤-٢٤) فعند وصول التيار الكهربي إلى الصمام (Y1) يفتح الصمام ليعود بعض الغاز الساخن من الضاغط إلى خط السحب مرة أخرى ولتشغيل الضاغط بالسعة الكاملة يغلق الصمام الكهربي . ولهذه الطريقة عيب وهو زيادة درجة حرارة الاسطوانات وهذا يسبب مشكله في عمليه تزيت الضاغط **الشكل(٤-٢٤)** إضافة إلى زيادة الضوضاء الصادرة من دوران الضاغط ولهذا فأن هذه الطريقة محدودة الاستخدام في عمليات التحكم في السعه وتستخدم بصورة واسعة في عمليه عدم تحميل الضاغط عند بدء الدوران خاصة إذا كأن الضاغط يعمل على إحدى طرق تقليل تيار البدء مثل طريقة نجمة - دلتا(Y - Δ) فأثناء عمل الضاغط على توصيله نجمه والتي تعطى ثلث سرعة الدوران لتقليل تيار البدء يفح هذا الصمام عاملا على عدم تحميل الضاغط ونظرا لأن هذه العملية لا تتجاوز خمس ثوان فأن المشاكل التي سبق ذكرها تكون غير ذات أهميه .

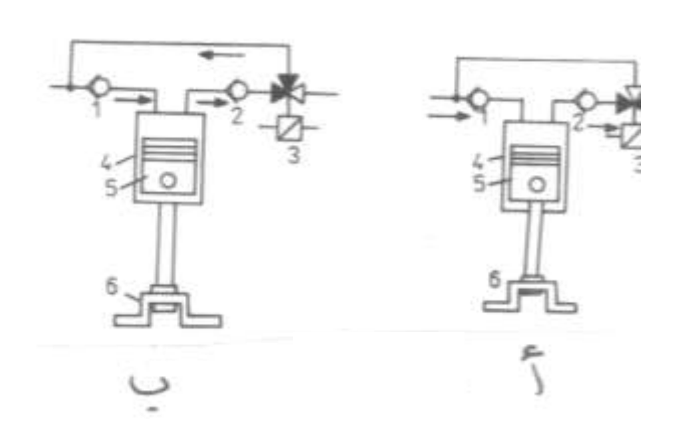
ثالثا : عمل مسار بديل للأسطوانات

تختلف هذه الطريقة عن سابقتها بأن عمليه المسار البديل (Bypass) تتم على اسطوانات الضاغط ولا تكون على الضاغط بأكمله . ففي حالة ضاغط مكون من 4 اسطوانات فأنه يمكن تقليل سعته إلى 75% إذا تم عمل مسار بديل على أحد اسطواناته والشكل (٤-٢٥) يعرض مخطط توضيحي لهذه الطريقة :

حيث أن :-

صمام السحب	1	الاسطوانة	4
صمام الطرد	2	المكبس	5
صمام المسار البديل	3	عمود المرفق (الكرنك)	6

للوصول للفهرس اضغط على Ctrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

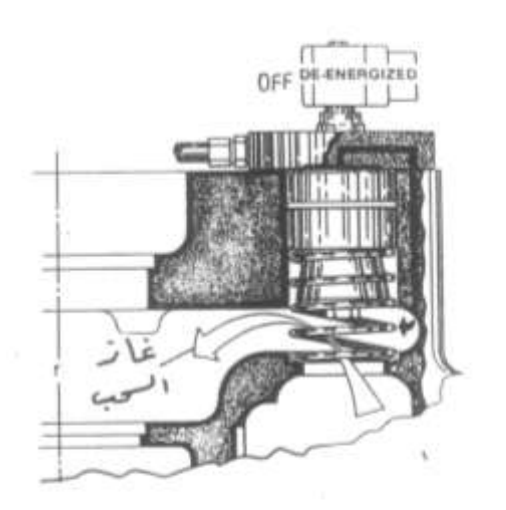


الشكل (٤–٢٥)

عند عمل الاسطوانة بالوضع الطبيعي يمر الغاز المضغوط من صمام طرد الاسطوانة (2) عبر صمام المسار البديل (3) وصولا إلى المكثف وعند الرغبة في عزل الاسطوانة يوصل التيار الكهربي إلى ملف صمام المسار البديل فيغير مسار بخار مركب التبريد الذاهب إلى المكثف ليعود إلى خط السحب مرة أخرى (الشكل ب) وبذلك تكوز د تم عمل مسار بديل عليها وأصبحت لا تشترك في إعطاء السعه المطلوبة للضا سعه الضاغط بنسبه هذه الاسطوانة إلى بقيه الاسطوانات فإذا كان عدد الاسطوانات أربعه فأن السعه تقل بمقدار 25 % .

رابعا : تعطيل أحد الاسطوانات

يتم تعطيل أحد الاسطوانات باستخدام صمام كهربي يتحكم في وصول الزيت المضغوط إلى مكبس عدم التحميل Unloader Piston الموجود في خط سحب الاسطوانة والشكل (٤–٢٦) يبين قطاع لاسطوانة ضاغط في وضع تحميل الأسطوانة يتم قطع التيار الكهربي عن ملف الصمام الكهربي فيغلق الصمام وينقطع وصول الزيت إلى أعلى مكبس عدم التحميل ويرتفع مكبس عدم التحميل لأعلى بفعل ياي الصمام الكهربي ومن ثم يصل بخار مركب التبريد لمدخل سحب الاسطوانة وتعمل الاسطوانة بصوره طبيعية.



الشكل (٤–٢٦)

والشكل (٤-٢٧) يبن قطاع لاسطوانة ضاغط في وضع عدم التحميل حيث يتم توصل التيار الكهربي بملف الصمام الكهربي فيكتمل مسار ملف الصمام الكهربي فيفتح الصمام ويسمح بمرور الزيت المضغوط إلى أعلى مكبس عدم التحميل فيغلق هذا المكبس فتحة مرور بخار مركب التبريد لمدخل سحب الاسطوانة وبذلك تكون الاسطوانة قد عطلت الشكل (٤-٢٧) وتوجد ضواغط بأربعة اسطوانات تعمل عند سعه تبريد 100 % أو 50 % وذلك بتعطيل اسطوانتين .

ON ENERGIZED
ضغط الزيت

الشكل (٤-٢٧)

وتوجد ضواغط بستة اسطوانات تعمل عند سعه تبريد 100 % أو 67 % بتعطيل اسطوانتين أو عند 33 % بتعطيل أربع اسطوانات .

والشكل (٤-٢٨) يبين المسقط الأفقي لضاغط بأربعة اسطوانات يمكن التحكم في سعته التبريديه بواسطة صمامات عدم تحميل من إنتاج شركة يورك . فحتى يعمل الضاغط عند سعه تبريديه 50 % تعطل الاسطوانتين 3 و4 بواسطة الصمام الكهربي1 # ويعمل هذا الضاغط بسعته الكاملة أو نصف سعته .

نهاية المحرك
نهاية المضخة

الشكل (٤-٢٨)

والشكل (٤-٢٩) يبين مراحل عدم تحميل ضاغط مكون من ست اسطوانات ففي الشكل (أ) يتم تعطيل الاسطوانات رقم 5 و 6 بواسطة الصمام الكهربي 1 # ويعمل الضاغط عند سعه 67 %

وفي الشكل (ب) يتم تعطيل الاسطوانات 1 و2 بواسطة الصمام 2 # وتعطيل الاسطوانات 5 و 6 بواسطة الصمام 1 # وعند تعطيل هذه الاسطوانات الأربع يعمل الضاغط على الاسطوانتين 3 و 4 ليعطى سعه تبريديه تعادل 33 % من سعته التبريديه .

خامسا : ضخ بخار مركب التبريد بالمبخر

عند انخفاض الحمل الحراري الواقع على المبخر ينخفض الضغط داخل المبخر و عن طريق منظم ضغط المبخر الذى يتحسس هذا الضغط فأنه يفتح ليمرر بخار مركب التبريد و يغذى به المبخر مباشرة كما بالشكل (٤-٣٠) .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

ويمكن استخدام صمام كهربي لتحقيق هذا أيضا ولكن ذلك يتطلب عنصر إحساس بالضغط داخل المبخر ليعطى إشارة فتح الصمام الكهربي و يلاحظ أن الشكل يجمع بين الطريقتين و لكن يستخدم الصمام الكهربي أو منظم الضغط ولا يجوز الجمع بينهما ويلاحظ أن القدرة الكهربية لمحرك الضاغط تتأثر عند تقليل السعه التبريديه .

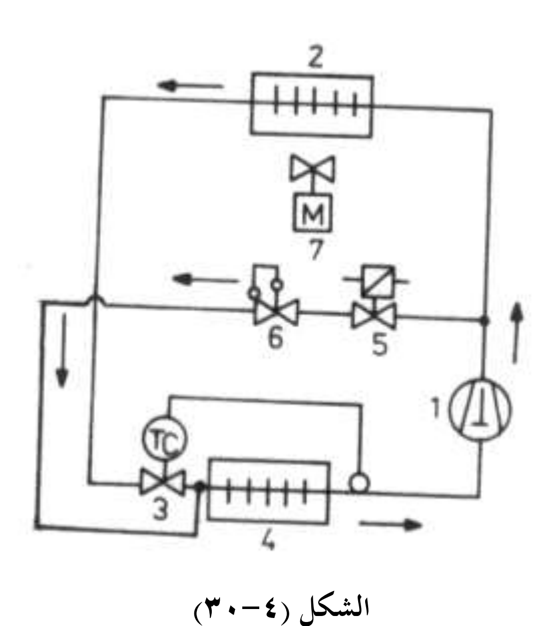
حيث أن :-

الضاغط	1	المبخر	4
المكثف	2	صمام كهربي	5
صمام التمدد	3	منظم الضغط	6

وكذلك يمكن الاستفادة من هذه الطريقة بجانب التحكم بسعة الضاغط في تحقيق عمليه إذابة للصقيع (الثلج) الذى يتكون على سطح المبخر حيث يطلق عليها عمليه إذابة الصقيع باستخدام الغاز الساخن والتي سيرد ذكرها فيما بعد .



الشكل (٤-٢٩)



الشكل (٤-٣٠)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الباب الخامس

المكثفات والمبردات

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

المكثفات والمبخرات

٥ – ١ مقدمه

تعمل المكثفات الميكانيكية على التخلص من الحرارة المحسوسة والحرارة الكامنة لبخار مركب التبريد الساخن والقادم من الضاغط حتى يتكاثف ويتحول للصورة السائلة .

وهناك ثلاثة أنواع من المكثفات وهم :-

١ – مكثفات تبرد بالهواء Air Cooled Condensers

٢ – مكثفات تبرد بالماء Water Cooled Condensers

٣ – مكثفات تبخيرية Evoporative Condensers

أما المبخرات فتقوم بامتصاص الحرارة من غرفه التبريد والناتج عن الأحمال الموجودة بداخلها مثل الأطعمة في الثلاجات المنزلية ويمكن تقسيم المبخرات إلى :-

١ – مبخرات ذات تمدد مباشر Direct Expansion Evaporators

٢ – مبخرات مغمورة Flooded Evaporators

٥–٢ المكثفات التي تبرد بالهواء

يستخدم الهواء في تبريد هذه المكثفات سواء كان بالحركة الطبيعية للهواء أو بالحركة الجبرية عن طريق استخدام المراوح ويمكن تقسيم هذه المكثفات إلى نوعين وهما :-

١ – مكثفات تبرد بالهواء الطبيعي Natural Draft Condensers

والتي بدورها تنقسم إلى نوعين أيضا :-

أ– مكثفات الشبكة Grid Condensers

ب– مكثفات القشرة الخارجية Skin Condensers

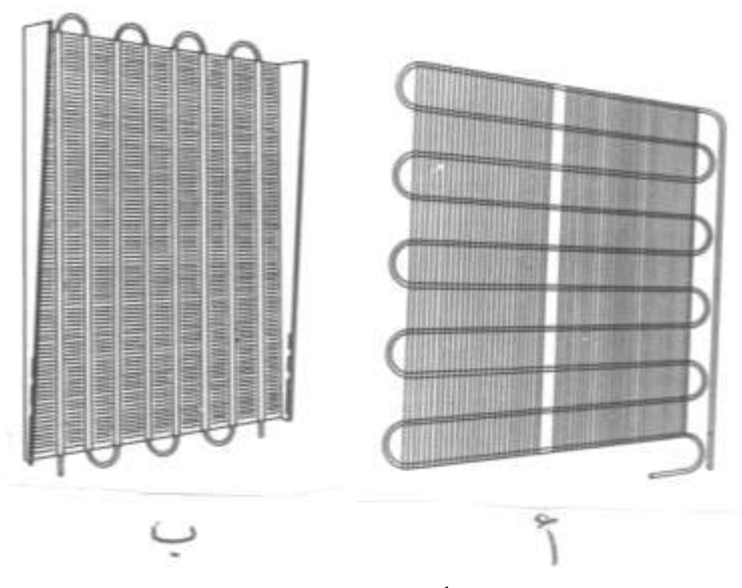
٢– مكثفات تبرد بالهواء المدفوع Forced Draft Condensers

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتقل بين الصفحات.

٥-٢ -١ المكثفات التي تبرد بالهواء الطبيعي

أولا مكثفات الشبكة

ويستخدم هذا النوع في معظم الثلاجات المنزلية حيث يشكل المكثف من مواسير من الصلب على شكل ثعبان ملتوي و تلامس هذه المواسير أسلاك أو ألواح من الصلب لزيادة مساحة السطح المعرض



الشكل(٥-١)

للهواء وتثبت هذه المكثفات رأسيا خلف الثلاجة ويدخل بخار مركب التبريد الساخن من أعلى المكثف ويخرج سائل مركب التبريد من اسفل المكثف .

ثانيا مكثفات القشرة الخارجية

تتكون من أنابيب من الصلب أو النحاس ملفوفة وملحومة مع الغلاف الخارجي للكابينة وتعمل جدران الكابينة على زيادة المساحة المعرضة للهواء ومن ثم زيادة معدل انتقال الحرارة من المكثف إلى الهواء الخارجي والشكل (٥-٢) يعرض نموذج لهذه المكثفات المستخدمة مع الفريزرات المنزلية الصندوقية (الشكل أ) وقطاع في جدران الفريزر الصندوقي (الشكل ب) (شركه Danfoss) .

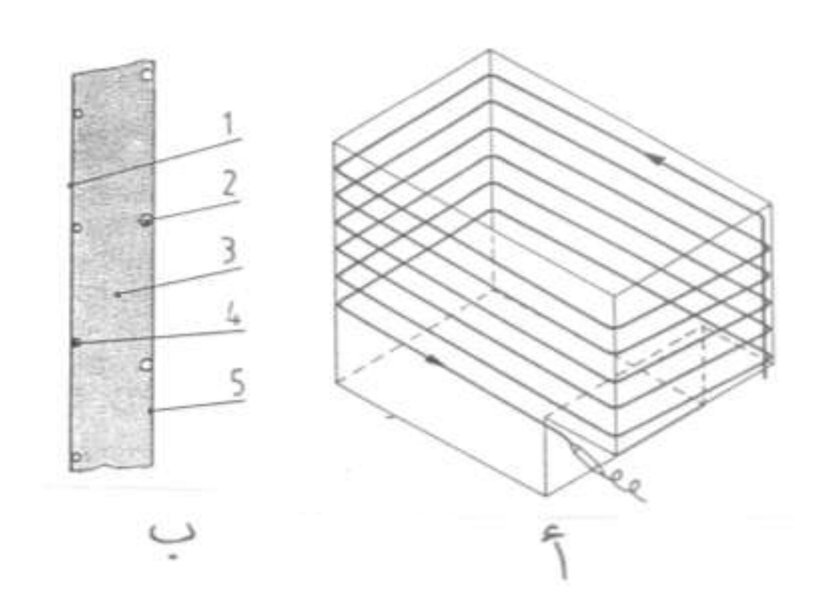
حيث أن :-

الجدران الخارجية	1	مواسير المكثف	4
مواسير المبخر	2	الجدران الداخلية	5

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

العازل 3

والشكل (٥-٣) يعرض نموذج لهذه المكثفات المستخدمة مع الفريزرات المنزلية الرأسية (الشكل أ) وقطاع في جدران الفريزر الرأسي (الشكل ب) (Danfoss).



الشكل (٥-٢)

حيث أن :-

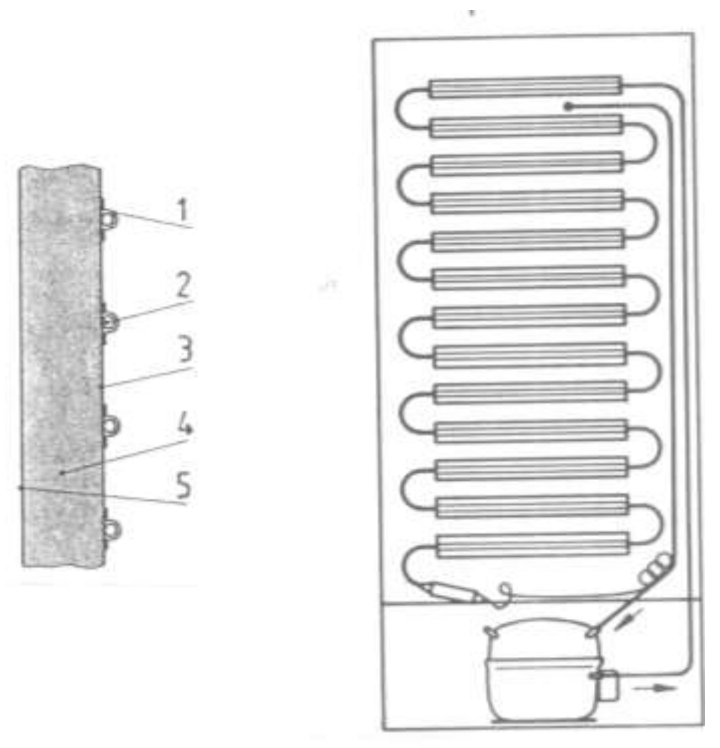
تغير أنابيب المكثف 1

أنابيب المكثف 2

الجدران الخارجية 3

عازل 4

الجدران الداخلية 5



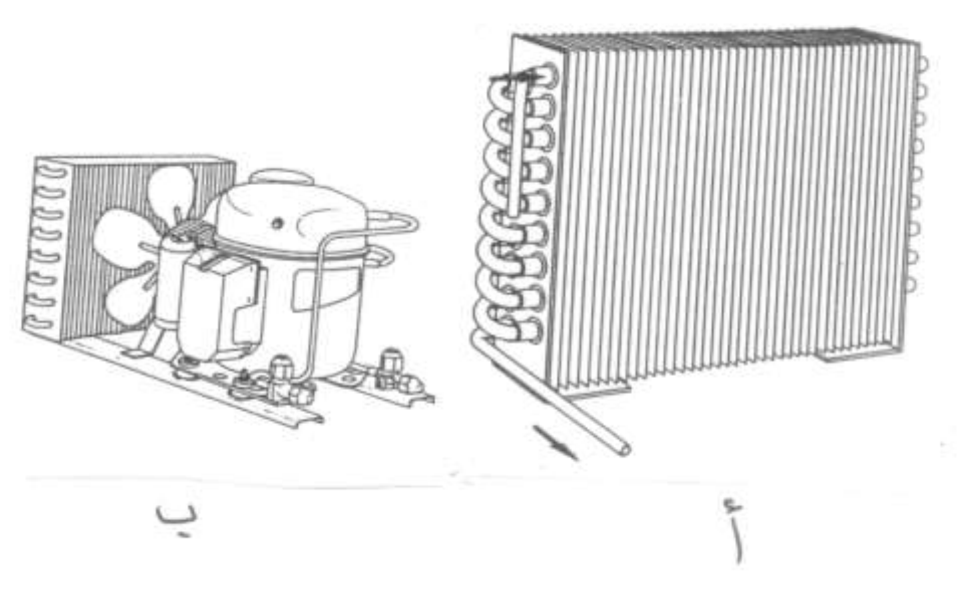
الشكل (٥-٣)

٥-٢-٢ المكثفات التي تبرد بالهواء المدفوع

وتستخدم هذه المكثفات مع الثلاجات والفريزرات المنزلية الكبيرة ومكيفات الغرف بأنواعها المختلفة وفي وحدات التكثيف الخارجية Condensing Unit للمكيفات المجزأة وغرف التبريد الكبيرة والثلاجات والفريزرات التجارية وعادة فان ملف التبريد لهذه المكثفات يكون له مساحة سطحيه صغيره ويتم زيادة مساحة ملف التبريد بإضافة زعانف الألومنيوم وتستخدم مروحة أو أكثر مع هذه المكثفات لزيادة معدل انتقال الحرارة .

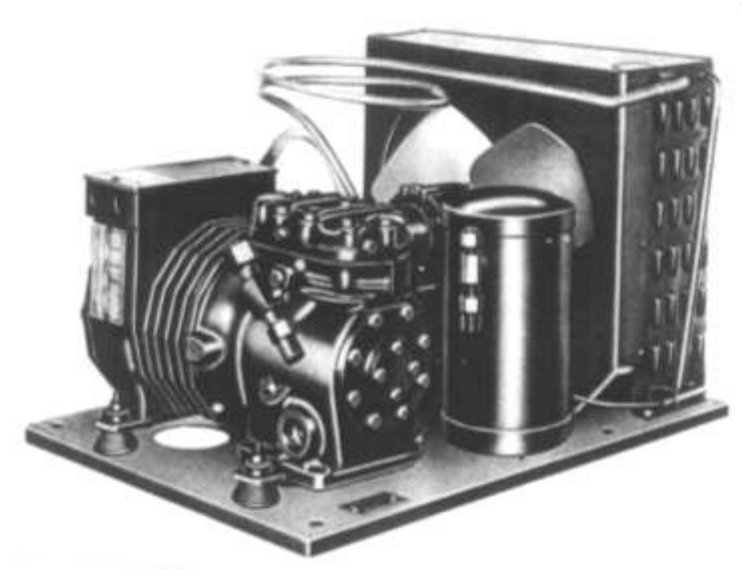
والشكل (٥-٤) يعرض نموذج لمكثف بزعانف يبرد بالهواء المدفوع Finned Condenser (الشكل أ) ووحدة تكثيف مزودة بمكثف بزعانف تبرد بالهواء المدفوع (الشكل ب) (Danfoss) والجدير بالذكر أن وحدات التكثيف الخارجية Fan Cooled Condensing تتكون من المكثف – الضاغط – مروحة المكثف – عناصر التحكم والوقاية – والدائرة الكهربية وتتميز هذه الوحدات بأنه يمكن وضعها خارج المبنى فتحسن عمليه الانتقال الحراري من المكثف إلى الهواء الجوى وكذلك تقل الضوضاء الصادرة من تشغيل هذه الوحدات داخل المباني .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.



الشكل (٥-٤)

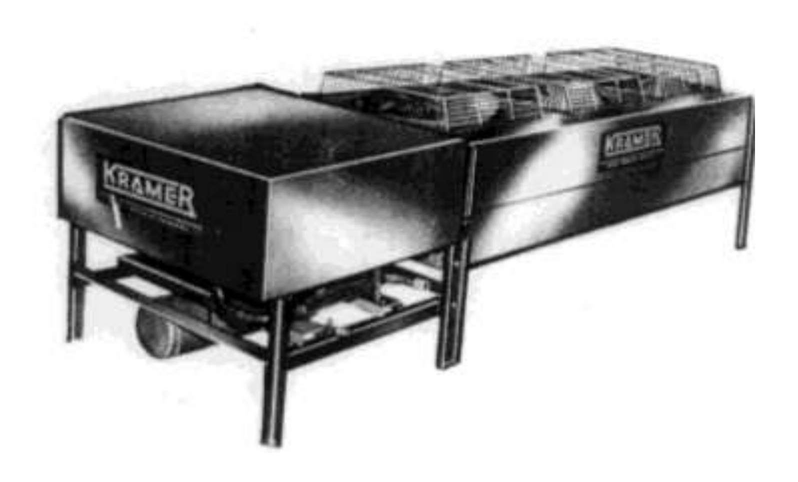
والشكل (٥-٥) يعرض نموذج لوحدة تكثيف صغيرة من إنتاج شركة Copeland مزودة بضاغط شبه مقفل .



الشكل(٥-٥)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

والشكل (٥-٦) يعرض نموذج لوحدة تكثيف كبيرة من إنتاج شركة Kramer Co. ويوجد ثلاثة طرق للتحكم في سعة وحدة التكثيف التي تبرد بالهواء المدفوع وهم كما يلي :-

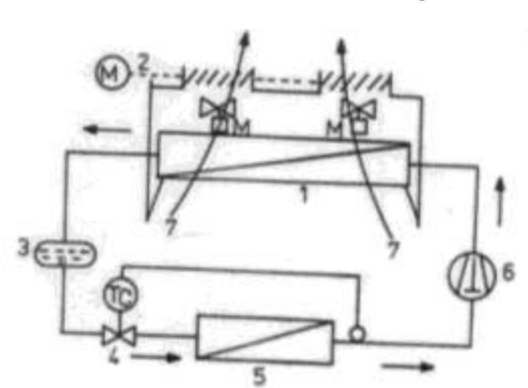


الشكل(٥-٦)

١- وصل وفصل مراوح التبريد
٢- التحكم في فتح و غلق ريش نافذة تهوية وحدة التكثيف
٣- استخدام منظم ضغط المكثف (ارجع للفقرة ٧-١٥) .

وتعتبر اكثر الطرق انتشارا هي طريقة الفصل و الوصل لمروحة التبريد فعند انخفاض درجة الحرارة الخارجية تتوقف مروحة المكثف و أحيانا تستخدم مراوح بسرعات متعددة ويتم تشغيل المراوح بالسرعة المنخفضة عند انخفاض درجة الحرارة الخارجية و العكس صحيح .

و أحيانا تستخدم مروحتين لتبريد المكثف أحدهما يتم فصلها عند وصول درجة الحرارة الخارجية إلى ^0C 15 و الثانية تتوقف عند وصول درجة الحرارة الخارجية إلى ^0C 10 و يمكن للمكثف العمل أثناء توقف المروحتين ويكون الضغط الخارج مناسبا حتى عند وصول درجة الحرارة الخارجية إلى^oC 4.5 أما إذا قلت درجة الحرارة الخارجية عن ^oC 4 .5 فان انتقال الحرارة



الشكل (٥-٧)

بالحمل الطبيعي بواسطة الهواء المحيط بالمكثف يعمل على تقليل ضغط المكثف و في هذه الحالة نحتاج إلى استخدام نافذة تتحكم في تهوية وحدة التكثيف كما بالشكل (٥-٧).

حيث أن :-

المكثف	1
محرك ريش النافذة	2
خزان السائل	3
صمام التردد الحراري	4
المبخر	5
الضاغط	6
مسارات مرور الهواء الخارجي	7

فعند انخفاض ضغط خط الضغط العالي في دورة التبريد يعمل محرك كهربي M على غلق ريش نافذة المكثف لمنع تدفق الهواء الجوى عبر المكثف و من ثم منع انتقال الحرارة بفعل الحمل بالهواء الجوى المحيط

والجدير بالذكر انه يجب اختيار وضع وحدة التكثيف الخارجية بعناية بشرط أن تكون في اتجاه الرياح السائدة خصوصا في أشهر الصيف الحارة منها حتى يمكن تكثيف مركب التبريد في المكثف .

مشاكل وحدات التكثيف الخارجية التي تبرد بالهواء المدفوع :-

إن انخفاض سعة المكثف تعتبر من أهم مشاكل وحدات التكثيف التي تبرد بالهواء ،وتنتج من أحد الأسباب التالية :-

١- عدم دوران وحدة التكثيف والناتج عن مشكلة في محرك المروحة أو دوائر التحكم في المروحة أو نتيجة لانقطاع سير المروحة أو انزلاقه وذلك بالنسبة للمراوح العاملة بالسيور أو انزلاق المروحة على عمود محرك المروحة في المراوح المباشرة .

٢- وجود أي عوائق تمنع سيران الهواء بشكل طبيعي مثل تجمع القاذورات أو الأوراق أو الحشائش ..الخ على وحدة التكثيف كما أن صدأ زعانف التبريد يمكن أن يعيق مسارات الهواء وعادة يحدث الصدأ في الأماكن التي تتعرض فيها وحدة التكثيف بماء مالح كما هو الحال بجوار البحار والمحيطات وعندما تكون مشكلة الصدأ حادثه بلا محالة ينصح باستبدال وحدات التكثيف المصنوعة من الألومنيوم بأخرى مصنوعة من النحاس .

٣- تهويه غير جيدة لوحدة تكثيف لعدم ترك المسافة المناسبة حول وحدة التكثيف وعادة فان درجة حرارة التكثيف المتوقعة لمركب التبريد تكون أكبر بحوالي $15 : 10\ ^0C$ من درجة حرارة هواء التبريد الداخل على وحدة التكثيف فإذا كانت درجة حرارة التكثيف أعلى من هذه الحدود يجب البحث عن سبب المشكلة .

٥-٣ المكثفات التي تبرد بالماء Water Cooled Condenser

تقوم المكثفات التي تبرد بالماء بالتخلص من حرارة مائع التبريد الكامنة بنقلها إلى ماء التبريد وهناك ثلاثة أنواع من وحدات التكثيف التي تبرد بالماء موضحة في الشكل (٥-٨) وهم كما يلي:-

١- أنابيب بداخل وعاء (الشكل أ)

٢- ملف بداخل وعاء (الشكل ب)

٣- أنبوبة بداخل أنبوبة (الشكل ج)

حيث أن :-

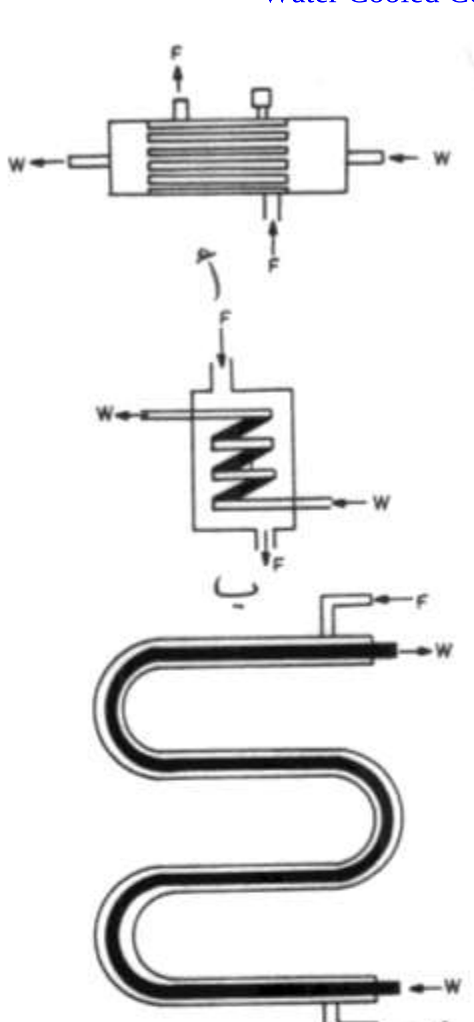
ماء التبريد W

مركب التبريد F

صمام تصريف الضغط الزائد RV

ومن أهم مميزات المكثفات التي تبرد بالماء عن مثيلتها التي تبرد بالهواء المدفوع ما يلي :-

١- يمكن أن تعمل عند ضغط منخفض ومن ثم يقل الضغط الخارج من الضاغط وتباعا تقل القدرة الكهربية المسحوبة من الضاغط وكذلك يصغر حجم الضاغط وعادة تكون درجة حرارة التكثيف أكبر بحوالي ست درجات مئوية من درجة حرارة الماء الخارج من المكثف وتكون درجة حرارة الماء الخارج من المكثف أعلى من درجة حرارة الماء الداخل للمكثف بحوالي ست درجات مئوية أيضا .



الشكل (٥-٨)

ويمكن إمداد المكثفات التي تبرد بالماء من مصدر الماء العمومي أو من بئر أو من وحدة معالجة ماء و حتى تكون تكلفة استهلاك الماء في التبريد اقتصادية يجب استخدام صمام تنظيم تدفق ماء التبريد المزيد من التفاصيل ارجع للفقرة (٧-١٦)

وعادة يكون تدفق الماء في المكثف المائي حوالي 3.87L/MIN/KW وعند هذا التدفق ترتفع درجة حرارة ماء التبريد 6^0C وبالتالي تحتاج وحدة تكثيف لنظام تبريد سعته التبريدية 70KW أي (20TR) طن تبريد حوالي 270 لتر من الماء في الدقيقة وهذا المعدل يعتبر كبير جدا فماسورة ماء قطرها ¾ بوصة لا تستطيع إمداد أكثر من (68 : 45) لتر/الدقيقة . فإذا لم يكن الماء رخيص جدا فإن الماء الناتج من عملية التبريد يلزم إعادة استخدامه وذلك بتبريده ويستخدم في ذلك أبراج التبريد Cooling Towers .

٥-٣-١ أبراج التبريد

تبنى فكرة عمل أبراج التبريد على السماح للماء الدافئ بالتبخر فيتخلص من الحرارة الكامنة عند التبخر و من ثم يبرد . حيث يتم ضخ الماء الدافئ بواسطة مضخة فيخرج الماء الدافئ من منافث على شكل نوافير حيث أن الماء الدافئ أصبح على هيئة ذرات صغيرة تتساقط على جدران برج التبريد الأمر الذي يجعل فرصة تبخر هذه الذرات عالية نتيجة لزيادة المساحة المتعرضة للهواء وتنخفض درجة حرارة الماء المتجمع أسفل برج التبريد بحوالي 6^0C : 3 عن درجة الحرارة الرطبة للهواء المحيط. وعادة تحتاج أبراج التبريد لتعويض الماء المتناقص نتيجة للتبخر الحادث والناتج عن الرياح الهوائية التي تتعرض لها الذرات المتساقطة وكذلك نتيجة للنقص الناتج عن تصريف جزء ماء البرج للحد من ارتفاع نسبة الملوحة في ماء التبريد والذي يتراوح بمعدل 20% : 10 من معدل تدفق الماء وهذا أيضا يمثل تكلفة عالية خصوصا إذا كان سعر ماء التبريد عاليا والشكل (٥-٩) يعرض قطاع مبسط لبرج تبريد .

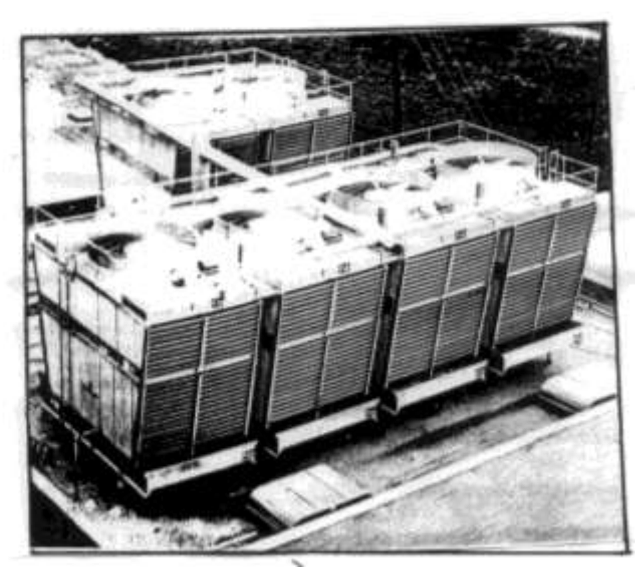
الشكل (٥-٩)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

حيث أن :-

الهواء الخارج من البرج	1
مروحة تبريد	2
محددات	3
رشاشات ماء	4
صمام يدوي	5
مضخة تدوير الماء	6
صمام يدوي للملء السريع	7
صمام عوامي لتعويض الفقد في الماء	8
حشو	9
مرشح و مصفاة للماء	10
من مصدر الماء العمومي	11
قطرات الماء المتساقطة	12
مصرف الماء الزائد	13

والشكل (٥-١٠) يعرض نموذج لبرج تبريد من إنتاج شركة Cooling Tower Co.



الشكل (٥-١٠)

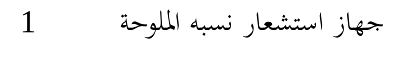
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٥-٣-٢ طرق تقليل نسبة الأملاح في أبراج التبريد :-

فيما يلي أهم طرق تقليل نسبة الأملاح في أبراج التبريد :-

١- استشعار نسبة الملوحة بجهاز قياس الموصلية :- فيمكن تقليل معدل تصريف الماء اللازم للمحافظة علـى الملوحـة بالقـدر الغـير ضـار باستخدام جهاز استشعار نسبة الملوحة كما هو مبين بالشكل(٥-١١)

حيث أن :-



جهاز استشعار نسبه الملوحة	1
دخول عينة من الماء	2
خروج عينه الماء إلي مكان الصرف	3
مجمع أسفل برج التبريد	4
صمام عوامة	5
عوامة	6
صمام كهربي	7

الشكل (٥-١١)

ويقوم جهاز استشعار نسبه الملوحة بقياس نسبه الملوحة في الماء وذلك بقياس موصليه الماء وهى معكوس المقاومة

الموصلية = المقاومة / 1

فكلما زادت نسبه الملوحة وصلت إشارة كهربيه إلى صمام 7 لينفتح الصمام وليخرج الماء من حوض تجميع الماء الموجود أسفل برج التبريد ويفتح صمام العوامة ليعوض هذا النقص الحادث في مستوى الماء في مجمع الماء وصولا لمستوى الأملاح المسموح به فينقطع التيار الكهربي عن الصمام 6.

٢- استخدام حاكم PH :-

نظرا لأن عمليه تبريد الماء في أبراج التبريد يصحبها تبخر لبعض الماء الأمر الذى يزيد من تركيز الأملاح في الماء المتبقي وبالتالي يتحول الماء من الحالة المتعادلة إلى الحالة القلوية لذلك يحتاج الماء في هذه الحالة إضافة حامض للوصول به إلى الحالة المتعادلة مرة أخرى ويستخدم حاكم PH لقياس نسبه الحمضية والقلوية في الماء في مدى يتراوح ما بين (14 : 1) فعندما تكون قيمه PH مساويه 7 يعنى هذا أن الماء متعادل وعندما تكون قيمه PH أكبر من 7 .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

يعنى هذا أن الماء قلوي وإذا كانت قيمه PH أقل من 7 يعنى هذا أن الماء حمضي والشكل (٥-١٢) يعرض مخطط توضيحي يبين فكره عمل هذه الطريقة .

حيث أن :-

مضخة الماء للمكثف 1

مكثف 2

برج التبريد 3

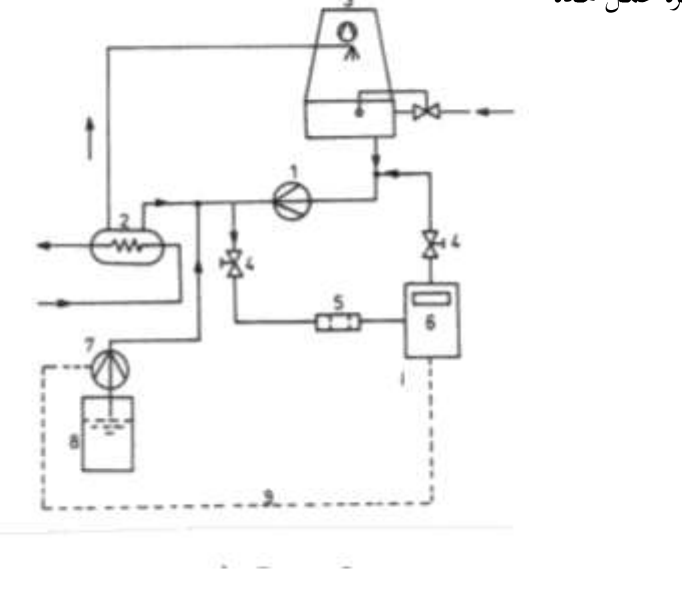
صمامات عزل حاكم PH 4

مرشح 5

حاكم PH 6

مضخة الحامض 7

خزان حامض 8



الشكل (٥-١٢)

نظرية العمل :-

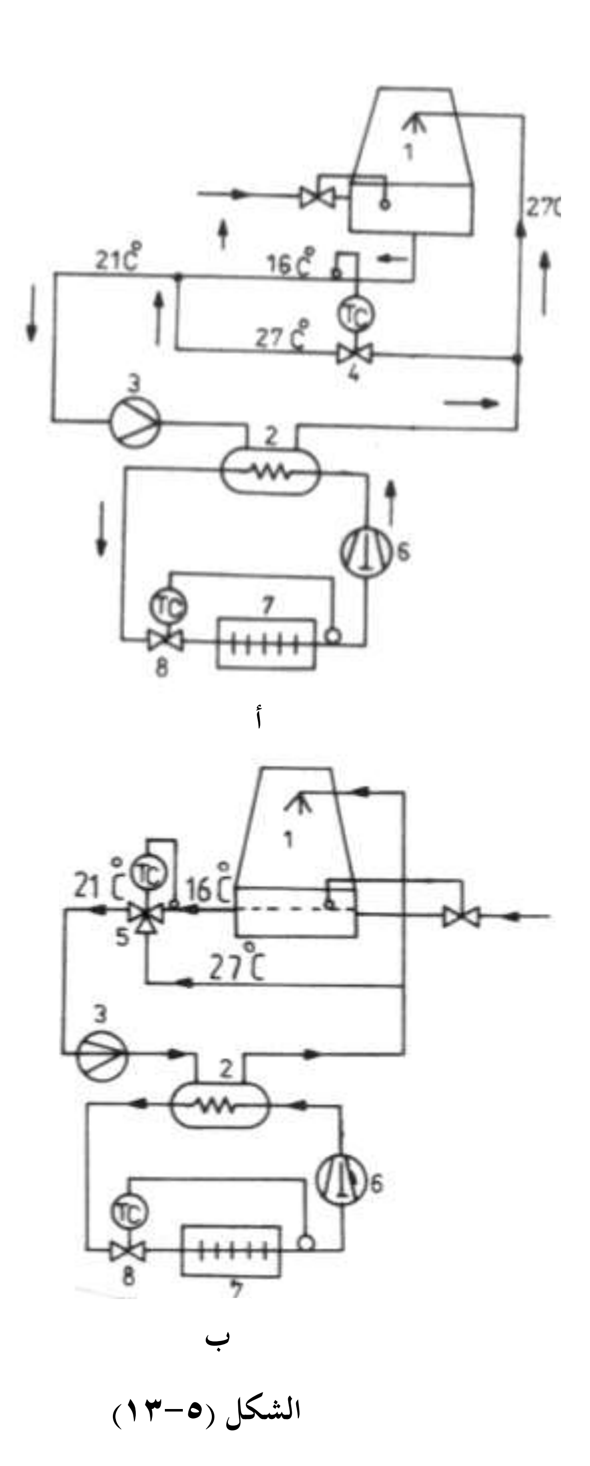
حيث تصل عينه من الماء الذى تضخه مضخة ماء التبريد 1 عبر الصمام اليدوي 4 والمرشح 5 للحاكم PH ثم تعود مرة أخرى إلى خط سحب مضخة الماء 1 وفي حاله زيادة PH عن الحد المسموح به يعطى الحاكم 6 إشارة إلى المضخة 7 لتضخ جزء يسير من الحامض مع ماء التبريد لضبط قيمة PH وهكذا .

والجدير بالذكر انه في حالة انخفاض درجة الحرارة الخارجية عن $24^{0}C$ فان السعه التبريديه لبرج التبريد يجب أن تنخفض ويتم ذلك إما بفصل مراوح برج التبريد أو عمل مسار بديل بواسطة صمام ثلاثة سكك وفي كلتا الحالتين الأخيرتين يتم قياس درجة حرارة الماء الخارج من برج التبريد فإذا كانت درجة حرارة الماء أقل من ($16 : 21^{0}C$) يقوم الصمام (ذو السكتين أو الثلاثة سكك) بمنع مرور أي ماء على برج التبريد .

والشكل (٥-١٣) يعرض طريقة عمل مسار بديل باستخدام ثلاثة سكك بديل حيث أن :-

برج التبريد	1
المكثف	2
مضخة ماء التبريد	3
صمام سكتين	4
صمام ثلاثة سكك	5
الضاغط	6
المبخر	7
صمام التمدد	8

والجدير بالذكر كلا من الصمام ذات السكتين والصمام ذو الثلاثة سكك هي صمامات تنظيم ضغط المكثف التي تبرد بالماء (ارجع للفقرة ٧-١٥) ففي (الشكل أ) يتم التحكم في تدفق ماء التبريد في المسار البديل لبرج التبريد بصمام تنظيم ضغط المكثف من النوع الحراري المزود ببصيلة أو أنبوبة شعرية حيث توضع بصيلة الصمام عند مخرج البرج فكلما انخفضت درجة حرارة الماء الخارج من الفرن ازداد



الشكل (٥-١٣)

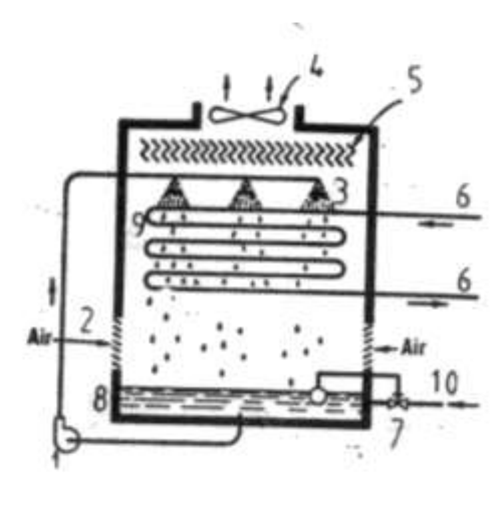
تدفق الماء في الصمام 4 وذلك للوصول بدرجة حرارة الماء الراجع للمكثف إلى 21^0C علما بأن الصمام 4 له خواص معاكسة لخواص صمام تنظيم ضغط المكثف (الذي تم دراسته في الفقرة ٧-١٥) وفي (الشكل ب)

يتم التحكم في نسبه خلط الماء الخارج من برج التبريد والماء المار في المسار البديل بواسطة الصمام ذو الثلاثة سكك 5 للوصول بدرجة حرارة ماء التبريد الراجع للمكثف إلى 21^0C .

٥-٤ المكثفات التبخيرية Evaporative Condensers

الشكل (٥-٤) يعرض مخطط توضيحي لمكثف تبخيري **حيث أن** :-

مضخة	1
دخول هواء	2
رشاشات الماء	3
مروحة	4
محددات(موانع خروج قطرات الماء)	5
إلى دائرة التبريد	6
صمام عوامي لتحديد النقص في مستوى الماء	7
حوض الماء في قاعدة المكثف	8
ملف المكثف	9
من مصدر الماء العمومي	10



الشكل(٥-١٤)

نظرية العمل :-

تقوم المضخة 1 بضخ الماء المتجمع في حوض الماء 8 الموجود أسفل المكثف التبخيري ليخرج على شكل ذرات ماء من الرشاشات 3 وتتساقط ذرات الماء على أنابيب المكثف 9 التي تحمل مركب التبريد وفي نفس الوقت فان المراوح 4 تدفع الهواء الجوى ليمر على أنابيب المكثف المبتلة فيحدث بخر للماء من على أنابيب المكثف التي تحمل مركب التبريد نتيجة لانتقال الحرارة من مركب التبريد إلى ذرات الماء المتجمعة على أنابيب المكثف المبتلة . والجدير بالذكر أن المكثفات التبخيريه تحتاج لنفس الطرق السابقة

المتبعة لمعالجه الماء مع أبراج التبريد لمنع زيادة نسبه الملوحة بالحد الذى يؤدى لتجمع الأملاح على أنابيب مركب التبريد وكذلك تحتاج لتعويض النقص في مستوى الماء في حوض الماء السفلي والناتج عن التبخير وكذلك الناتج عن صرف بعض الماء عند زيادة نسبة الأملاح ويستخدم في ذلك صمام بعوامة 7 تماما كالمستخدم مع أبراج التبريد. وعادة تعمل المكثفات التبخيريه بنظام التهوية فقط بالمراوح بدون عمل المضخة أي بدون رش الماء على ملف المكثف الذى يحمل مركب التبريد وذلك عندما تكون درجة حرارة الهواء المحيط أقل ($21 : 27^0C$) .

أما إذا ارتفعت درجه الحرارة عن هذه الحدود تعمل مضخة الماء .

٥-٤-١ أعطال أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية

الجدول (٥-١) يبين أعطال أبراج التبريد والمكثفات التبخيرية .

الجدول (٥-١)

المشكلة A (صوت غير عادى لمحرك المروحة)	
الأسباب المحتملة	**طرق الإصلاح**
1-المحرك يدور بوجه واحد .	1- وقف المحرك وحاول تشغيله مرة أخرى فإذا لم يدور افحص التمديدات الكهربية لمحرك المروحة .
2-توصيل خاطئ لمحرك المروحة .	2 -طابق التوصيلات الكهربية لمحرك المروحة مع مخطط التوصيل الكهربي.
3-كراس محور محرك المروحة متآكلة .	3-فك كراس المحور وحاول إدارتها باليد فإذا سمعت صوت احتكاك ودوران غير منتظم بدلها
4-عدم توازن الأوجه الثلاثة .	4-قس فرق الجهد بين الأوجه الثلاثة فإذا كانت الجهود بين الوجه الأول والثاني وبين الوجه الثانى والثالث وبين الوجه الأول والثالث غير متساوية أعد توزيع الأحمال الكهربية على الأوجه الثلاثة .
5-عدم اتزان العضو الدوار .	5-أعد اتزان العضو الدوار.

المشكلة B (ارتفاع درجه حرارة محرك المروحة)	
الأسباب المحتملة	الأسباب المحتملة
1-انخفاض جهد المصدر .	1-قس جهد المصدر عند أطراف المحرك أثناء دورانه فيجب أن يكون جهد المصدر مساويا الجهد المقنن لمحرك المروحة بتفاوت 10% ± .
2-عدم اتزان جهود الأوجه الثلاثة .	2-ارجع للنقطة A_4
3-كراس المحور مشحمه أكثر من اللازم .	3-ارفع أغطيه فتحات التشحيم وشغل محرك المروحة للتخلص من الشحم الزائد .
4-احتكاك العضو الدوار مع العضو الثابت .	4-إذا لم يكن هناك عيب في الصناعة استبدل كراس المحور التالفة .
5-استخدام شحم غير مناسب في كراس المحور .	5-تخلص من الشحم واستخدم المناسب تبعا لتوصيات الشركة المصنعة .
6-وجه مفصول عن المحرك .	6-وقف محرك المروحة وحاول إعادة تشغيله فإذا لم يعمل المحرك افحص التمديدات الكهربية للمحرك وحاول إعادة توصيل الوجه المفصول .
7-تهويه غير كافيه للمحرك .	7-نظف المحرك وافحص فتحات تهويه المحرك ونظفها .
8-تلف ملفات المحرك .	8-افحص ملفات المحرك بواسطة جهاز الأفوميتر ثم افحص العزل بجهاز الميجر .
9-تكرر التشغيل والفصل .	9-يجب الا يزيد مجموع زمن البدء في الساعة عن 30 ثانيه .
10-شحم غير كافي في كراس المحور .	10-فك أغطية فتحات التشحيم وأعد التشحيم
11-تلف كراس المحور .	11-استبدل كراس المحور التالفة .

المشكلة C (اهتزاز غير عادى في أجزاء نقل الحركة في المروحة)	
الأسباب المحتملة	**الأسباب المحتملة**
1-مسامير مفكوكة .	1-أعد رباط جميع المسامير المفكوكة .
2-تآكل كراس محور المروحة .	2-استبدل كراس محور المروحة .
3-عمود الإدارة منحنى .	3-استبدل عمود الإدارة .
4-سوء محاذاة بين المروحة والمحرك .	4-أعد ضبط محاذاة المروحة والمحرك .
5-ارتخاء سير نقل الحركة .	5-شد سير نقل الحركة وصولا للشد المناسبة.
المشكلة D (تدفق هواء غير كافي)	
الأسباب المحتملة	**طرق الإصلاح**
1-المروحة لا تدور بالسرعة الكافية .	1-تأكد من أن عناصر نقل الحركة تعمل بصورة طبيعية .
2-وجود عائق لتدفق الهواء .	2-أزل العوائق المانعة للتدفق .
المشكلة E (مستوى الماء منخفض في المكثف التبخيري)	
الأسباب المحتملة	**طرق الإصلاح**
1-صمام تعويض الماء (العوامة) في خزان برج التبريد لا تعمل بصورة طبيعية .	1-نظف صمام تعويض الماء وزيته .
2-انقطاع مصدر الماء العمومي .	2-انتظر عودة الماء .
3-انسداد مرشح الماء .	3-فك المرشح ونظفه .
المشكلة F (تدفق منخفض للماء القادم من برج التبريد)	
الأسباب المحتملة	**طرق الإصلاح**
1-ترسب أملاح على الجدران الداخلية لمواسير المكثف .	1-افحص مواسير تبريد المكثف وأضف مزيل لترسبات للماء ثم قس انخفاض الضغط في مواسير تبريد المكثف .
2-مضخة الماء عاطلة .	2-ارجع لأعطال مضخات الماء (الفقرة ٥-٤-٢) .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

تابع المشكلة F (تدفق منخفض للماء القادم من برج التبريد)	
الأسباب المحتملة	**طرق الإصلاح**
3-انسداد جزئي في دورة الماء .	3-نظف جميع المرشحات وافحص فقد الضغط داخل دورة الماء .
المشكلة G (انخفاض غير كافي لدرجة حرارة الماء في برج التبريد)	
الأسباب المحتملة	**طرق الإصلاح**
1-ترسبات بمواسير الماء لبرج التبريد . 2-انخفاض تدفق الهواء . 3-انسداد رشاشات الماء . 4-ترسبات على السطح الخارجي لمواسير الفريون للمكثفات التبخيرية .	1-أضف مزيل للترسبات في الماء . 2-ارجع للمشكلة D . 3-فك الرشاشات ونظفها . 4-استخدام منظفات كيميائية لإزالة هذه الترسبات .

٥-٤-٢ أعطال مضخات الماء

الجدول (٥-٢) يبين أعطال مضخات الماء وأسبابها المحتملة وطرق الإصلاح .

الجدول (٥-٢)

المشكلة A (المضخة تدور ولا يوجد تدفق للماء)	
الأسباب المحتملة	**طرق الإصلاح**
1- لم يتم تحضير المضخة . 2-هواء في دورة الماء . 3-انسداد مرشح الماء . 4-انسداد في خطوط الماء . 5-دوران معكوس للمضخة .	1-خط السحب للمضخة مملوء بالماء . 2-أخرج الهواء . 3-نظف مرشح الماء أو استبدله . 4-أزل المواد المسببة للانسداد . 5-اعكس اتجاه الدوران بعكس وجهين من أوجه المصدر ثلاثي الوج .

الأسباب المحتملة	طرق الإصلاح
المشكلة B (تدفق ضعيف للماء)	
الأسباب المحتملة	**طرق الإصلاح**
1-يوجد انسداد جزئي في خطوط الماء .	1-أزل أسباب الانسداد .
2-دوران بطيء للمضخة .	2-افحص محرك المضخة .
3-انعكاس اتجاه دوران المضخة .	3-ارجع للنقطة A_5 .
4-تآكل في العضو الدوار للمضخة .	4-افحص العضو الدوار للمضخة واستبدله إذا كان تالفا .
المشكلة C (ضوضاء شديدة جدا)	
الأسباب المحتملة	**طرق الإصلاح**
1-محرك المضخة يدور بوجه واحد .	1-وقف المحرك وحاول إدارته مرة ثانيه فإذا لم يدور افحص التمديدات الكهربية لمحرك المروحة .
2-كراس محور محرك المضخة تحتاج لتزييت أو متآكلة .	2-أضف زيت عند كراس المحور واستبدل كراس المحور التالفة .
3-عدم اتزان العضو الدوار للمضخة .	3-أعد اتزان العضو الدوار للمضخة .
4-تآكل ميكانيكي .	4-افحص كراس المحور و العناصر الأخرى المتعرضة للاحتكاك واستبدل التالف .
المشكلة D (ارتفاع درجة حرارة المضخة)	
الأسباب المحتملة	**طرق الإصلاح**
1-انخفاض جهد المصدر .	1-قس جهد المصدر عند أطراف محرك المضخة أثناء دورانه فيجب ان يكون جهد المصدر مساويا الجهد المقنن لمحرك المروحة بتفاوت ±10% وفي حالة انخفاض الجهد عن هذه القيمة استخدم موصلات لها مساحة مقطع أكبر للمحرك .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

المشكلة D (ارتفاع درجة حرارة المضخة)	
الأسباب المحتملة	**طرق الإصلاح**
2-عدم اتزان جهود الأوجه الثلاثة للمصدر الكهربي .	2-أعد توزيع الأحمال الكهربية على الأوجه الثلاثة للمصدر الكهربي إذا اختلف جهود الأوجه الثلاثة
3-احتكاك العضو الدوار مع العضو الثابت .	3-إذا لم يكن هناك عيب في الصناعة استبدل كراس المحور التالفة .
4-وجه مفصول عن المحرك .	4-وقف محرك المضخة وحاول إعادة تشغيله فإذا لم يدور المحرك افحص التمديدات الكهربية للمحرك وحاول إعادة توصيل الوجه المفصول .
5-تلف ملفات المحرك .	5-افحص ملفات المحرك بواسطة جهاز الأفوميتر ثم افحص العزل بجهاز الميجر .
6-تكرر التشغيل والفصل .	6-يجب ألا يزيد مجموع زمن البدء عن 30 ثانيه في الساعة .
7-كراس المحور مشحمة أكثر من اللازم .	7-ارفع أغطية فتحات التشحيم وشغل محرك المضخة للتخلص من الشحم الزائد .
8-شحم غير كافي في كراس المحور .	8-فك أغطية فتحات التشحيم وأعد التشحيم .
9-استخدام شحم غير مناسب في كراس المحور .	9-تخلص من الشحم واستخدم المناسب تبعا لتوصيات الشركة المصنعة .
10-تلف كراس المحور .	10-استبدل كراس المحور التالفة .
11-تهوية غير كافية للمحرك .	11-نظف المحرك وافحص فتحات تهوية المحرك ونظفها

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

المشكلة E(تسرب الماء من موانع تسرب المضخة)	
الأسباب المحتملة	**طرق الإصلاح**
1-عدم استقامة المضخة والمحرك . 2-تلف موانع التسريب .	1-اضبط استقامة المضخة والمحرك . 2-استبدل موانع التسريب التالفة .
المشكلة F(انخفاض كفاءة الضخ للمضخة)	
الأسباب المحتملة	**طرق الإصلاح**
1-انسداد مرشح الماء أو مواسير الماء . 2-يوجد رمل أو صدأ أو أتربة في دورة الماء . 3-عدم اتزان العضو الدوار للمضخة . 4-تآكل ميكانيكي .	1-نظف المرشح واستبدله ونظف مواسير الماء المسدودة 2-نظف النظام من الشوائب الموجودة . 3-ارجع للنقطة C_3 . 4-ارجع للنقطة C_4 .

٥-٥المبخرات ذات التمدد المباشر

يتم تغذية هذه المبخرات بخليط من سائل وبخار مركب التبريد والقادم من جهاز التمدد (صمام التمدد أو الأنبوبة الشعرية) وعند مرور مركب التبريد في أنابيب المبخر ذات التمدد المباشر يمتص الحرارة من الهواء أو الماء المحيط بالأنابيب ويعمل ذلك على تبخر سائل مركب التبريد مع ثبات درجة حرارة مركب التبريد وفي حالة التصميم الجيد لإبعاد مواسير المبخر ذات التمدد المباشر فانه يتواجد سائل في 90% من المبخر وفي الجزء الأخير من المبخر والذي يمثل 10% منه يصبح كل مركب التبريد في صورة بخارية وينتج عن استمرار انتقال الحرارة من الحمل الحراري بالمبخر (الأطعمة) إلي مركب التبريد إلي تحميض لمركب التبريد بما يعادل 6^0C تقريبا .

الشكل (٥-١٥)

والشكل (٥-١٥) يعرض مخطط توضيحي لصمام تمدد حراري متصل مع مبخر ذو تمدد مباشر .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

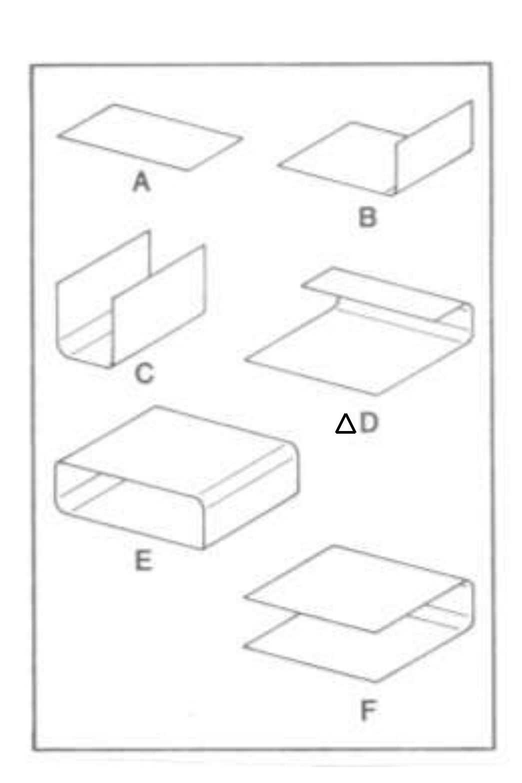
حيث أن :-

صمام تمدد حراري	1
مبخر ذو تمدد مباشر	2
سائل مركب التبريد	3
بخار مركب التبريد	4
درجة حرارة السائل (التشبع)	t_o
درجة حرارة البخار عند بصيلة الصمام	t_b

ويكون التحميض Super Heat (ΔH) مساويا H

$= t_b - t_o \cong 6^0C$

٥-٥-١ مبخرات الثلاجات المنزلية

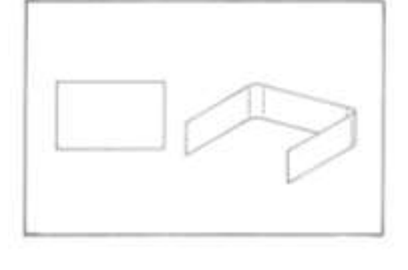


الشكل (٥-١٦)

الشكل (٥-١٦) يعرض نماذج مختلفة للمبخرات المستخدمة في الثلاجات المنزلية (شركة Danfoss) فالشكل B,A تستخدم مع الثلاجات المنزلية التي بدون نجوم والشكلC,D تستخدم مع الثلاجات المنزلية ذات النجمة الواحدة * أي درجة حرارة الثلاجة تصل إلى 6^0C - والشكل F وE يستخدم مع الثلاجات المنزلية ذات النجمتين ** وهذا يعنى أن درجة حرارة الفريزر تصل إلى -12^0C .

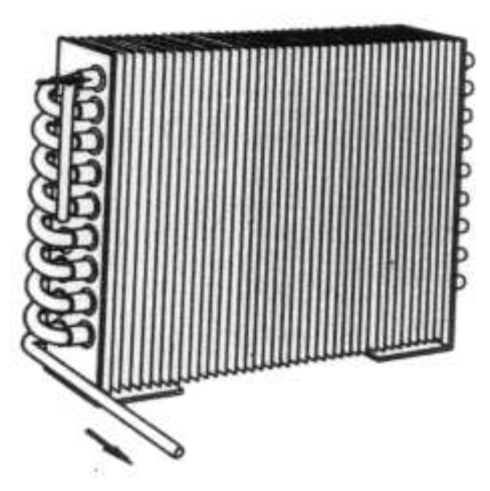
أما الثلاجات المركبة المزودة بفريزر بباب منفصل وثلاجة بباب منفصل

فتستخدم مبخرين أحدهما على شكل U في الفريزر والآخر على شكل لوح يوضع في الثلاجة والشكل (٥-١٧)يبين هذه المبخرات (شركة Danfoss) وتستخدم المبخرات ذات الزعانف والمصاحبة للمروحة مع الثلاجات المنزلية الحديثة الخالية من الثلج .

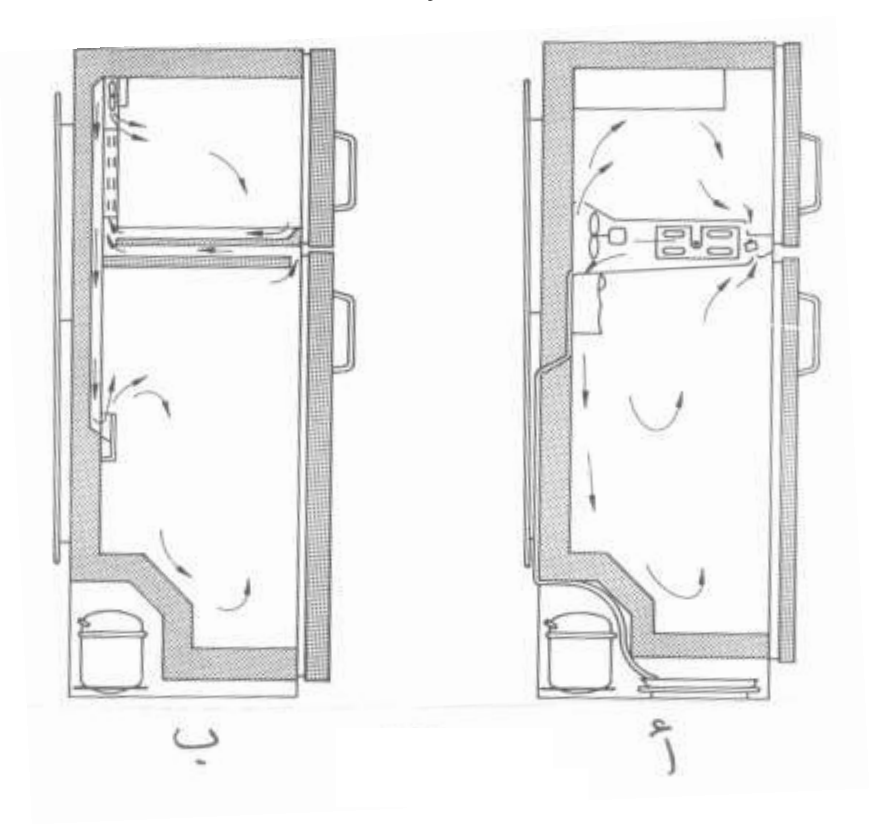

الشكل (٥-١٧ذ)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

والشكل (٥-١٨) يعرض نموذج لمبخر بزعانف (Danfoss) .



الشكل (٥-١٨)

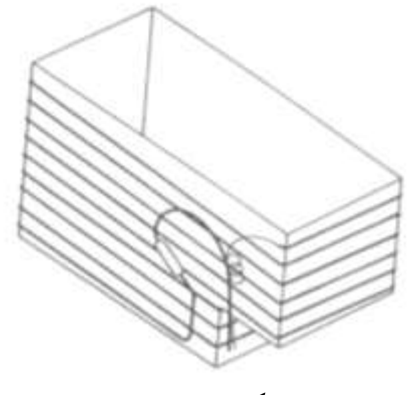


الشكل (٥-١٩)

والشكل(٥-١٩)يعرض نموذج لثلاجة منزلية خالية من الثلج بمبخر بزعانف في وضع أفقي الشكل (أ) ونموذج لثلاجة منزلية خالية من الثلج بمبخر بزعانف في وضع رأسي الشكل (ب) وكلاهما مزود بمروحة لتدوير الهواء البارد داخل حيز الفريزر(العلوي) والثلاجة (السفلية) (شركة Danfoss) .

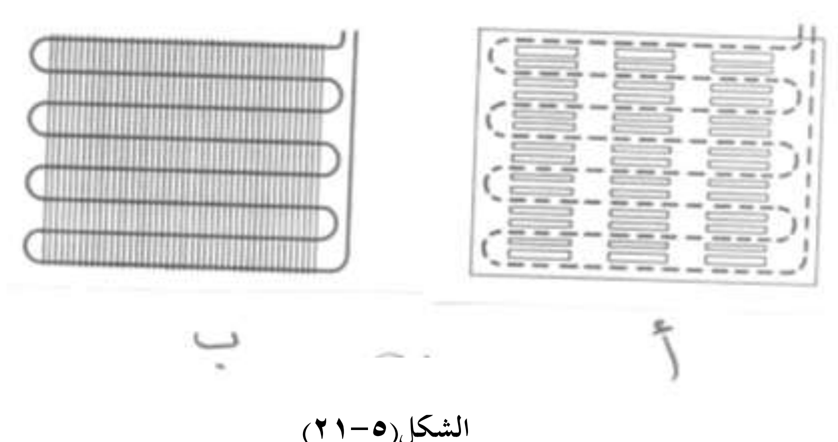
٥-٥-٢ مبخرات الفريزرات المنزلية

عادة يوضع المبخر على السطح الداخلي للفريزر الصندوقي كما بالشكل(٥-٢٠)شركة Danfoss) . أما المبخرات المستخدمة في الفريزرات الرأسية فإما أن تكون عبارة عن مواسير داخل ألواح Tube On Plate حيث تكون المسافة بين المواسير50mm أو عبارة عن أسلاك موضوعة



الشكل (٥-٢٠)

على المواسير Wire On Tube حيث تلحم أسلاك فوق مواسير المبخر على جانبيها ويكون سمك الأسلاك 1.5 mm والمسافة بين كل سلكين متجاورين حوالي 10 mm في حين أن المسافة بين المواسير حوالي 60 : 80 mm وهذا مبين بالشكل(٥-٢١) فالشكل(أ) يعرض مبخر بمواسير داخل ألواح والشكل(ب) يعرض مبخر بأسلاك على المواسير شركة(Danfoss) .



الشكل(٥-٢١)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتنقل بين الصفحات.

٥-٥-٣ مبخرات مبردات السوائل

يمكن تقسيم مبردات السوائل إلى :-

١- مبخرات تدفق Flow Coolers

٢-مبخرات مجمعات الثلج Ice Bank Coolers

٣- مبخرات الخزانات Reservoir Coolers

والشكل (٥-٢٢) يعرض نموذج لمبخر تدفق ويلاحظ أن ملف المبخر يلحم مع الملف الذى يمر فيه السائل المطلوب تبريده ويحاط بكلا من ملف المبخر وملف السائل بطبقه سمكها 60 mm من البوليريثان (شركة Danfoss)


حيث أن :-

الثرموستات	1
مبادل حراري	2
ملف المبخر	3
العزل	4
ملف السائل	5
السائل	6

الشكل (٥-٢٢)

والشكل (٥-٢٣) يعرض نموذج لمبخر مزود بمجمع للثلج (شركة Danfoss) حيث أن:

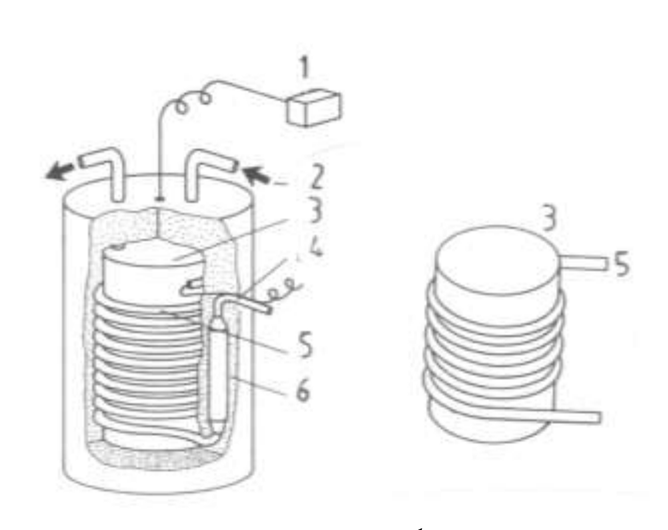
قلاب الماء	1
ملف المبخر	2
ملف السائل	3

الشكل (٥-٢٣)

وفي هذا النوع من المبخرات توضع مواسير المبخر وأيضا المواسير التي تمر فيها المشروب المطلوب تبريده داخل وعاء معزول مملوء بالماء فتنتقل الحرارة من المشروب المطلوب تبريده إلى مواسير المبخر وعادة تستخدم مروحة لتقليب الماء (وسيط نقل الحرارة

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

) وذلك من أجل زيادة كفاءة الانتقال الحراري ، والشكل (٥-٢٤) يعرض نموذج لمبخر بخزان حيث يحيط ملف المبخر بالخزان المملوء بالسائل المطلوب تبريده (شركة Danfoss) .

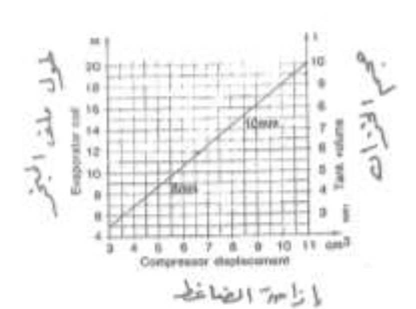


الشكل (٥-٢٤)

حيث أن :-

الثرموستات	**1**
السائل المطلوب تبريده	**2**
خزان السائل المطلوب تبريده	3
المبادل الحراري	4
ملف المبخر	5
العزل	6

ويجب أن تكون المسافة بين السائل الموجود داخل الخزان وملف المبخر لا تزيد عن mm 100 وذلك للوصول إلى أقصى سعه تبريديه وتستخدم المبخرات ذات الخزان في برادات الماء ويمكن تعين إزاحة الضاغط وكذلك طول وقطر مواسير المبخر تبعا لحجم خزان السائل من الشكل (٥-٢٥) والمقدم من شركة (Danfoss) .



الشكل (٥-٢٥)

مثال ١ :-

إذا كان حجم خزان السائل باللتر هو(L 9) فان إزاحة

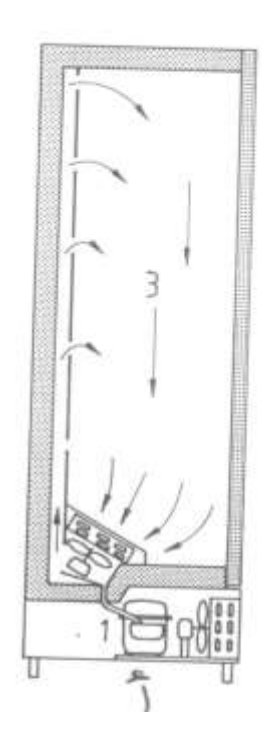
الضاغط المستخدم هي $10\ cm^3$ وطول ملف المبخر هو 18 m وقطر مواسير ملف المبخر هو 10 mm

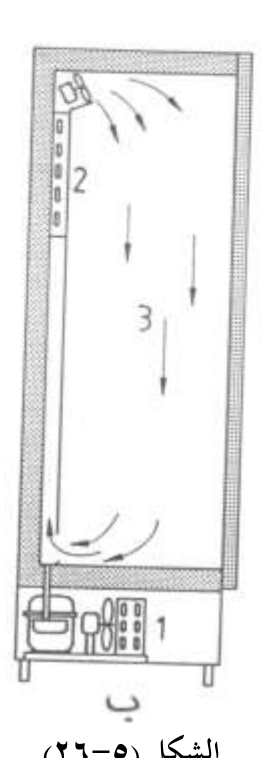
مثال ٢:-

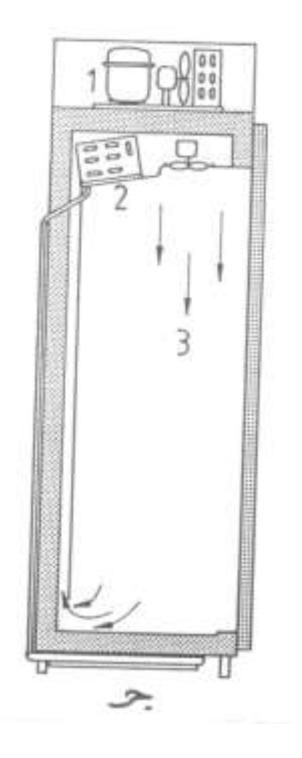
إذا كان حجم خزان السائل باللتر هو (5 L) فان إزاحة الضاغط المستخدم هي $5.5\ cm^3$ وطول ملف المبخر هو 10 m وقطر مواسير ملف المبخر هي 8 mm علما بان [اللتر يساوى ($1000\ cm^3$) سم^3]

٥-٥-٤ مبخرات أجهزة التبريد التجارية

تسمى هذه المبخرات أحيانا بملفات المواسير ذات الزعانف Finned –Tube Coil تماما كالمستخدمة مع الثلاجات المنزلية الخالية من الثلج وعادة تكون هذه المبخرات مزودة بمراوح وبذلك يكون من الممكن وضع المبخر في أي مكان غير المكان المطلوب تبريده حيث يمكن دفع الهواء البارد المطلوب تبريده بالمروحة والشكل(٥-٢٦) يعرض ثلاثة نماذج مختلفة لثلاجات عرض تجارية والمستخدمة في السوبر ماركتات (شركة Danfoss) .







الشكل (٥-٢٦)

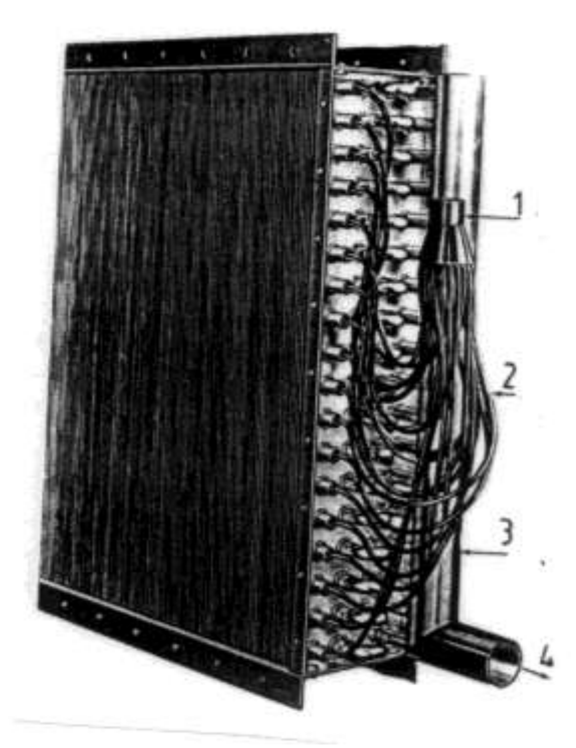
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

حيث أن :–

وحدة التكثيف (المكثف + الضاغط + مروحة المكثف)	1
المبخر ومروحة المبخر	2
مسارات الهواء البارد	3

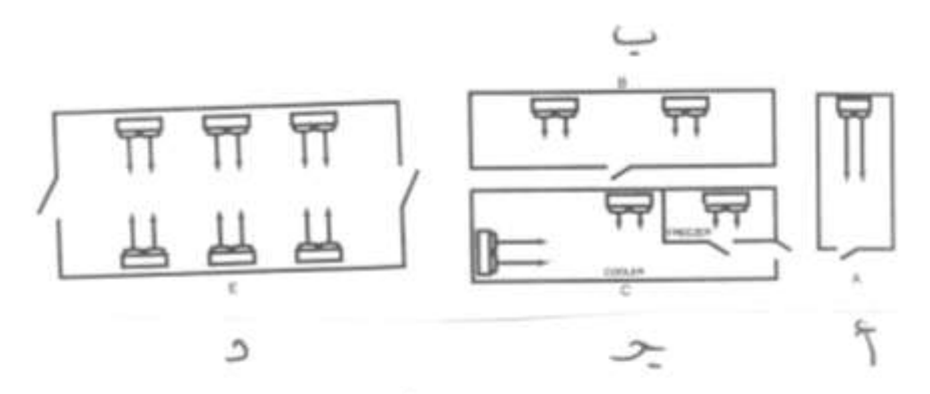
ففي الشكل(أ) يكون المبخر ومروحته أسفل الثلاجة وكذلك فان وحدة التكثيف تكون أسفل الثلاجة ، وفي الشكل (ب) يكون المبخر أعلى الثلاجة مع مروحته في وضع رأسي وتكون وحدة التكثيف أسفل الثلاجة ، وفي الشكل (ج) يكون المبخر أعلى الثلاجة مع مروحته في وضع أفقي وتكون وحدة التكثيف أعلى الثلاجة أيضا .

وفي حالة السعات التبريدية الكبيرة يستخدم موزع سائل Distributors لتوزيع سائل التبريد في المبخر المقسم داخليا لعدد من الملفات والتي قد تصل إلى (20 : 15) ملف للتقليل من فقد الضغط الحادث في المبخر والشكل (٥–٢٧) يعرض طريقة توصيل مبخر كبير مع موزع والذي يبدو كما لو كان ماكرونة اسباكتي من إنتاج شركة (Sporlan Valve Company) .



الشكل (٥–٢٧)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.



الشكل (٥-٢٨)

والشكل (٥-٢٨) يعرض أربعة توزيعات مختلفة للمبخرات داخل غرف تبريد بأبعاد مختلفة .

المبخرات المغمورة Flooded Evaporators

تستخدم عادة المبخرات المغمورة في مثلجات الماء Water Chillers المستخدمة في أنظمة التكييف المركزية لأنه ليس من المعقول نقل مركب التبريد إلى وحدات مناولة الهواء AHU المختلفة والموزعة في أرجاء المنشأة لارتفاع سعر مركب التبريد ولكن يستخدم ماء بارد درجة حرارته 7^0C ويعود هذا الماء من وحدات مناولة الهواء الموزعة في أرجاء المنشأة عند درجة حرارة 12^0C ويدخل إلى ملف الماء المغمور داخل المبخر المغمور ويتم تبريد الماء لتصبح درجة حرارته 7^0C في هذا المبخر ويعود الماء البارد ليغذى وحدات مناولة الهواء AHU .

والشكل (٥-٢٩) يعرض مخطط توضيحي لمبخر مغمور .

حيث أن :-

إلى الضاغط	1
من عنصر التمدد	2
محددات	3
ملف الماء المثلج	4
مركب التبريد	5

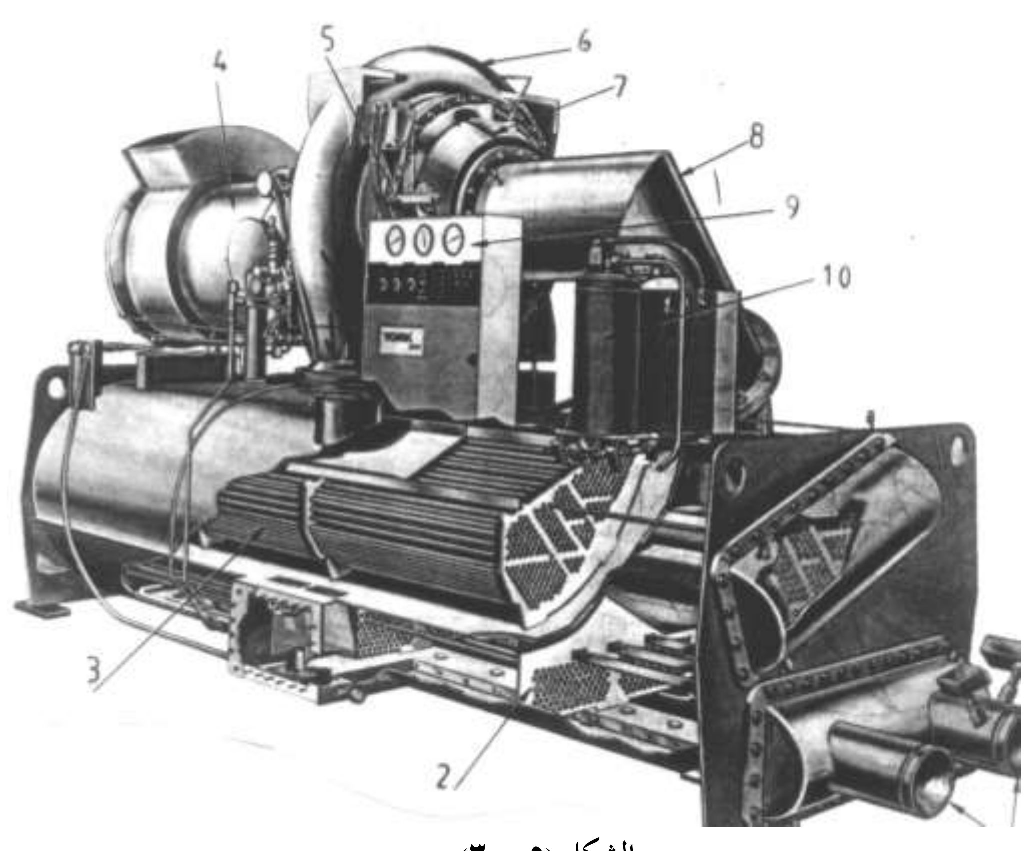
والجدير بالذكر أن المحددات تمنع خروج سائل مركب التبريد مع بخار مركب التبريد المتوج إلى خط سحب الضاغط .

الشكل (٥-٢٩)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

والشكل (٥-٣٠) يعرض نموذج لمثلج ماء Water Chiller من إنتاج شركة York يستخدم مبخر من النوع المغمور حيث أن :-

خطوط الماء المثلج	1	غلاف الضاغط الطارد المركزي	6
المبخر	2	**الضاغط الطارد المركزي**	**7**
المكثف	3	خط السحب	8
المحرك	4	لوحة التحكم الكهربية	9
محرك التحكم في سعه الضاغط	5	وحدة التطهير purg	10



الشكل (٥-٣٠)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتقل بين الصفحات.

الباب السادس
عناصر التحكم في التدفق

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

عناصر التحكم في التدفق

٦-١ مقدمة

أن الغرض من عناصر التحكم التدفق في أنظمة التبريد ما يلي :-

١- السماح بتدفق مركب التبريد إلى ملف المبخر بالمعدل الذى يحقق التبريد المطلوب .

٢- المحافظة على فرق الضغط بين جانب الضغط العالي وبين جانب الضغط المنخفض في دورات التبريد .

وهناك خمس أنواع من عناصر التحكم في التدفق والمستخدمة في جميع دورات التبريد وهم كما يلي:

١- الأنبوبة الشعرية Copillary Tube

٢- صمام التمدد الأتوماتيكي Automatic Expansion Valve

٣- صمام التمدد الحراري Thermostatic Expansion Valve

٤- الصمام ذات عوامة الضغط المنخفض Low Side Float

٤- الصمام ذات عوامة الضغط العالي High – Side Float

٥- صمام التمدد الإلكتروني Electronically Operated Ex.V

٦-٢ الأنبوبة الشعرية

تعمل الأنبوبة الشعرية على تمدد مركب التبريد الأمر الذى يؤدى لانخفاض الضغط ودرجة حرارة مركب التبريد مع ثبات المحتوى الحراري له وهي تصنع من أنبوبة من النحاس لها قطر يتراوح ما بين (0.66 : 2.16 mm) وطولها يصل إلى (4 m) وهذه الأبعاد تناسب سعات تبريد تتراوح ما بين (200 : 2000 BTU/hr) أي (57 w : 5.7 kw) ونظرية عمل الأنبوبة الشعرية تتلخص في تعريض سائل الفريون القادم من المكثف ذات الضغط العالي إلى مقاومة نتيجة للاحتكاك فيقل ضغط سائل الفريون الخارج من الأنبوبة الشعرية والداخل إلى المبخر والجدير بالذكر أن الأنبوبة الشعرية تختار أبعادها بدقة عالية تبعا للسعه التبريدية لجهاز التبريد حتى تكون مملوءة بالسائل طوال فترة عمل دورة التبريد علما بأن الأنبوبة الشعرية تعمل على جعل جانب الضغط العالي والمنخفض مفتوحان على بعضهما فعند توقف الضاغط نتيجة للوصول لدرجة الحرارة المطلوبة بواسطة الثرموستات كما سيتضح فيما بعد يحدث تعادل للضغط العالي والمنخفض الأمر الذى يساعد الضاغط على البدء مرة أخرى بدون حمل وهذا مفيد في تقليل قدرة الضاغط ومن ثم تقليل تكلفته



الشكل (٦-١)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

. والشكل (٦-١) يعرض نموذج لأنبوبة شعرية .

والجدول (٦-١) يبين الأقطار الداخلية والخارجية للأنابيب الشعرية المنتشرة في الأسواق .

الجدول (٦-١)

القطر الخارجي mm	3.3	3.1	2.9	2.78	2.39	2.1
القطر الداخلي mm	1.6	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8

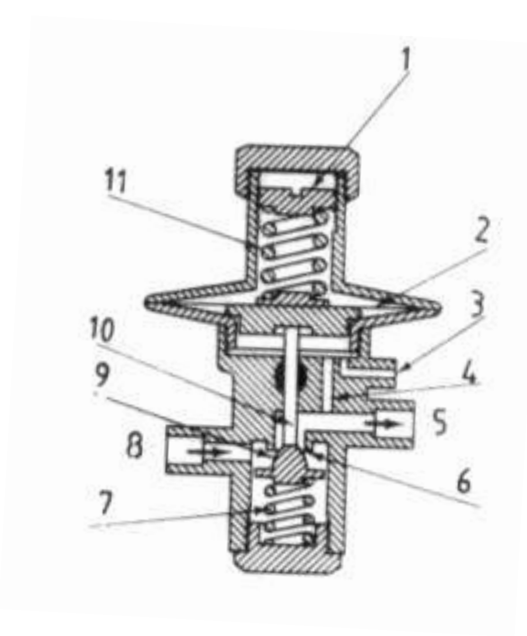
وعادة تحتاج الأنبوبة الشعرية لمجفف/ مرشح للتخلص من أي رطوبة في دورة التبريد منعا لحدوث انسداد في الأنبوبة الشعرية نتيجة لتجمد الرطوبة بها وكذلك فأن المرشح/ مجفف يعمل على ترشيح الذرات المعدنية والرايش الناتج عن عمليات اللحام والفلير في دورة التبريد أثناء تصنيع الدورة ومن ثم يحافظ على الأنبوبة الشعرية بدون انسداد.

٦-٣ صمام التمدد الأتوماتيكي

يطلق على هذا الصمام أحياناً بصمام التمدد ذات الضغط الثابت والشكل (٦-٢) يعرض قطاع في هذا الصمام (Ashrae) .

حيث أن :

مكان معايرة ضغط مخرج الصمام	1
غشاء مطاطي	2
فتحة المعادلة الخارجية	3
فتحة المعادلة الداخلية	4
مخرج الصمام	5
مقعدة الصمام	6
ياي الغلق	7
المدخل	8
إبرة الصمام	9



الشكل (٦-٢)

عمود الصمام	10
ياي الفتح	11

علما بأنه في حالة وجود فتحة داخلية فأنه لا يوجد فتحة معادلة خارجية و العكس صحيح .

نظرية عمل الصمام :

يمكن التحكم في ضغط خرج الصمام (ضغط المبخر) بالتحكم في ضغط ياي الفتح P_1 وذلك بواسطة مسمار الضبط 1 فيكون الضغط الخارج من الصمام مساويا

$$P_2 = P_1 - P_3$$

حيث أن :

الضغط الناتج من ياي الفتح	P_1
ضغط المبخر	P_2
الضغط الناتج من ياي الغلق(ثابت)	P_3

علما بأنه عند عمل الضاغط فأن الضغط في جهة المبخر سينخفض فيفتح الصمام الأوتوماتيكي كلما أنخفض الضغط في المبخر عند الضغط المعاير عليه الصمام أما إذا زاد ضغط المبخر يغلق الصمام حتى ينخفض ضغط المبخر ويصل للضغط المعاير عليه الصمام .

ولهذا الصمام عدة مميزات مثل:

١- يمكن ضبط الصمام بحيث يكون ضغط المبخر يقابل درجة حرارة أعلى من درجة تجمد الماء على المبخر وهذه الخاصية مفيدة جدا عند استخدام هذا الصمام مع المكيفات .

٢- يقوم هذا الصمام بالمحافظة على ضغط المبخر ثابت مهما تغير الحمل الأمر الذى يجعل حمل الضاغط ثابت ولا يعرض الضاغط لزيادة في الأحمال قد تؤدى لتلفه .

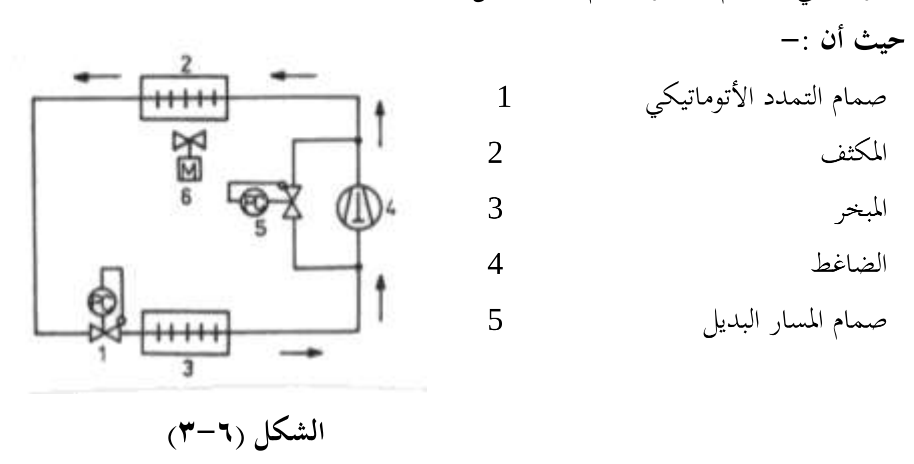
٣- يمكن استخدام هذا الصمام كمسار بديل للضاغط حيث يوصل مدخل الصمام بخط سحب الضاغط ومخرج الصمام بخط طرد الضاغط ويعمل الصمام على منع زيادة ضغط خط سحب الضاغط أثناء بداية الدوران ومن ثم يعمل على حماية الضاغط .

٤- عند استخدام هذا الصمام كمسار بديل للضاغط فأنه يعمل على تقليل الحمل على الضاغط عند البدء لأنه يحدث تعادل للضغط عند توقف الوحدة يسمح بتهريب ضغط خط طرد الضاغط إلى خط سحب الضاغط الأمر الذى يقلل من عزم البدء .

٥- لا تسبب زيادة شحنة مركب التبريد في الوحدة مشاكل عند استخدام صمام تمدد أتوماتيكي لأن الزيادة تبقى في قاع المكثف .

ويعاب على صمام التمدد الأوتوماتيكي بأنه لا يتجاوب مع تغير أحمال جهاز التبريد حيث لا يغذى المبخر بالكمية الكافية من سائل مركب التبريد عند الأحمال الكبيرة ويعمل على تغذية المبخر بكمية زائدة من سائل مركب التبريد عن الأحمال الصغيرة لذلك يستخدم هذا الصمام عادة مع أجهزة التبريد الصغيرة مثل ثلاجات الأيس كريم . والشكل (٦-٣) يبين طريقة استخدام صمام التمدد الأوتوماتيكي كصمام تمدد وكصمام مسار بديل للضاغط .

حيث أن :-



صمام التمدد الأوتوماتيكي	1
المكثف	2
المبخر	3
الضاغط	4
صمام المسار البديل	5

الشكل (٦-٣)

٦-٣-١ أعطال دورات التبريد الناتجة عن خلل في صمامات التمدد الأوتوماتيكية

والجدول (٦-٢) يبين أعطال دورات التبريد الناتجة عن خلل في صمامات التمدد الأوتوماتيكية وأسبابها لا المحتملة وطرق إصلاحها .

الجدول (٦-٢)

العطل	الأسباب المحتملة	الإصلاح
زيادة ضغط السحب نتيجة لمرور كمية كبيرة من سائل مركب التبريد للمبخر .	١-ضبط خاطئ للصمام . ٢-انبعاج الغشاء المطاطي أو المنفاخ . ٣-وقوف إبرة الصمام في وضع الفتح .	١-أعد ضبط الصمام . ٢-فك الصمام بعد فصله عن دورة التبريد وحاول إصلاحه وأن تعذر استبدل الصمام . ٣-فك الصمام بعد فصله عن دورة التبريد وحاول تنظيفه وأن تعذر استبدل الصمام .

تابع الجدول (٦-٢)

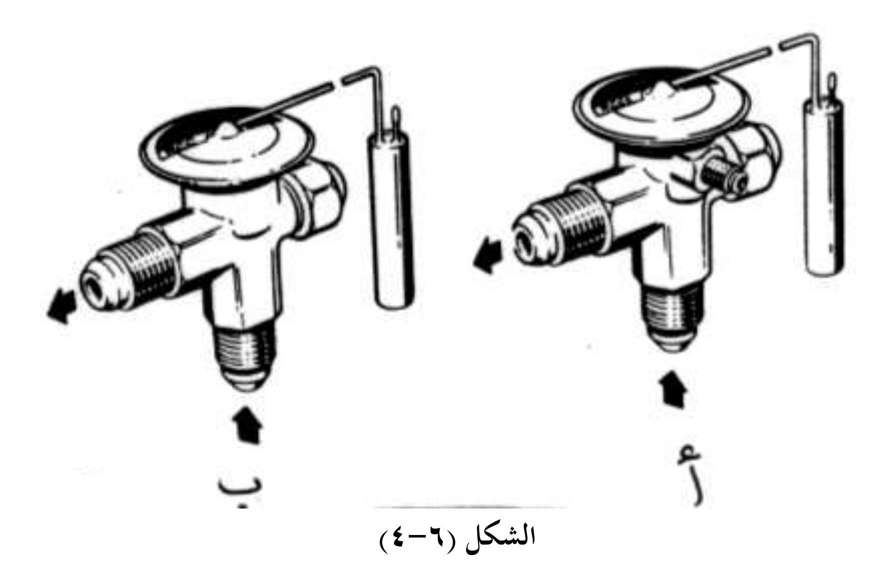
العطل	الأسباب المحتملة	الإصلاح
انخفاض ضغط السحب نتيجة لمرور كمية قليلة من سائل مركب التبريد للمبخر .	١-ضبط خاطئ للصمام ٢-انسداد مرشح الصمام أو وقوف إبرة الصمام في وضع غلق .	١-أعد ضبط الصمام . ٢-فك الصمام بعد فصله عن دورة التبريد وحاول تنظيف مرشح الصمام وكذلك إبرة ومقعدة الصمام وأن تعذر تنظيفه استبدل الصمام .
تذبذب ضغط السحب نتيجة لتذبذب معدل تدفق مركب التبريد المتوجه للمبخر .	١-ياي الصمام ضعيف أو مكسور . ٢-حركة مقيدة لإبرة الصمام نتيجة لتراكم الشمع أو خلافه على إبرة الصمام . ٣-السعة التبريدية للصمام أكبر من السعة التبريدية لجهاز التبريد .	١-فك الصمام بعد فصله عن دورة التبريد وحاول استبدال ياي الصمام وأن تعذر استبدله ٢-فك الصمام بعد فصله عن دورة التبريد وحاول تنظيفه وأن تعذر يستبدل الصمام . ٣-يستبدل الصمام بآخر له سعة تبريدية مناسبة .

٦-٤ صمام التمدد الحراري

يعتبر صمام التمدد الحراري من أكثر عناصر تنظيم تدفق مركب التبريد في المبخر انتشار خصوصا في وحدات التبريد الكبيرة .

والشكل(٦-٤) يعرض صورة لصمام تمدد حراري من إنتاج شركة Alco بوصلة تعادل خارجية (أ) وبدون وصلة تعادل خارجية (ب)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.



الشكل (٦–٤)

أما الشكل (٦–٥) فيعرض قطاع في صمام تمدد حراري (Ashare) .

حيث أن :–

بصيلة الصمام	1
أنبوبة شعرية	2
مدخل الصمام	3
إبرة الصمام	4
ياي	5
غطاء مكان معايرة الصمام	6
مقعدة الصمام	7
مخرج الصمام	8
فتحة معادلة داخلية	9
غشاء رقيق	10
رأس الصمام	11

الشكل (٦–٥)

والشكل (٦–٦) يبين القوى المختلفة في صمام التمدد الحراري ذو فتحة التعادل الداخلية

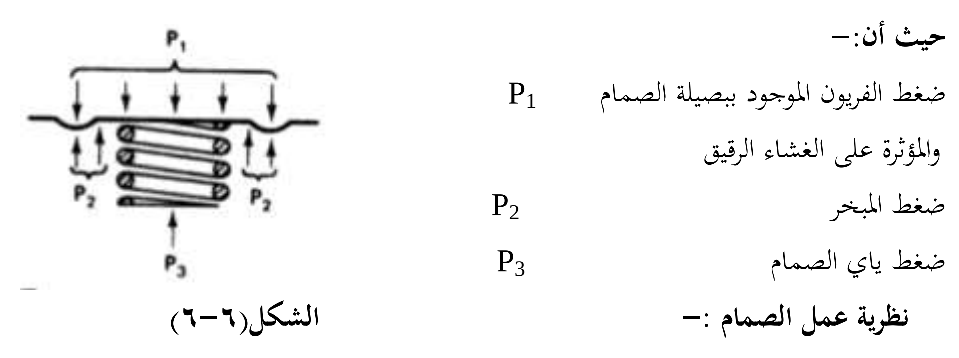
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

حيث أن:-

ضغط الفريون الموجود ببصيلة الصمام P_1
والمؤثرة على الغشاء الرقيق

ضغط المبخر P_2

ضغط ياي الصمام P_3



الشكل(٦-٦)

نظرية عمل الصمام :-

يعتمد معدل التدفق في صمام التمدد الحراري على ثلاثة قوى وهم :-

١-القوة الناشئة عن الضغط الناتج عن مركب التبريد الموجود داخل بصيلة الصمام والمثبتة عند مخرج المبخر والتي تعتمد على

درجة حرارة تحميص بخار مركب التبريد الخارج من المبخر فكلما ازداد التحميص ازدادت القوة (P_1) والمتجهة لأسفل .

٢-القوى الناشئة من ضغط مركب التبريد في المبخر والمؤثر على فتحة المعادلة الداخلية أو فتحة المعادلة الخارجية والمتجهة لأعلى P_2.

٣-القوة الناشئة من ضغط ياي الصمام على الغشاء المطاطي والمتجهة لأعلى والتي يمكن ضبطها بواسطة معايرة الصمام P_3 وعند الاتزان فان :-

$$P_2 + P_3 = P_1$$

والمقصود من درجة تحميص بخار الفريون الخارج من المبخر هو فرق درجة حرارة بخار الفريون الفعلية عند نقطة تثبيت بصيلة الصمام عند مخرج المبخر ودرجة حرارة التشبع للمبخر والمقابلة لضغط تشغيل المبخر ولتوضيح مفهوم التحميص سنأخذ المثال المبين بالشكل(٦-٧) ففي الشكل(أ) يكون المبخر مغمور بسائل مركب التبريد فلا يحدث بخر في المبخر أي أن التحميص يكون مساويا صفرا وهذا يعنى أن صمام التمدد الحراري يغذى المبخر بكمية زائدة من مركب التبريد .

وفي الشكل(ب) تكون درجة حرارة التشبع التي يتحول عندها سائل مركب التبريد إلى بخار في المبخر مساويا $-4\ ^0C$ في حين أن درجة الحرارة عند مكان تثبيت البصيلة يساوي $1.5\ ^0C$ وبالتالي فأن التحميص SH يساوي :-

$$SH = 1.5-(-4) = 5.5^0C$$

وفي الشكل (ج) تكون درجة حرارة التشبع مساوية -7^0C في حين أن درجة حرارة البخار عند مكان تثبيت البصيلة يساوي 10^0C أي أن التحميص SH يساوي

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

$$SH = 10-(-7) = +17^0C$$

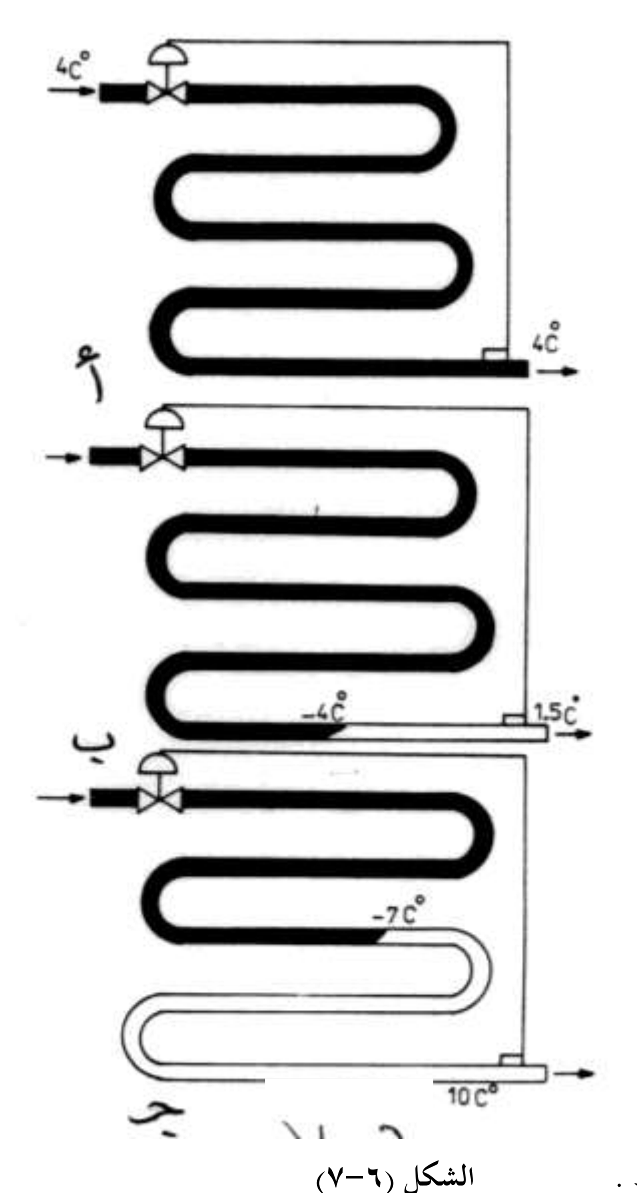
وهذا لا يعني أن صمام التمدد الحراري لا يغذى المبخر بكمية مركب التبريد الكافية .

والجدير بالذكر أن صمامات التمدد الحرارية تنقسم تبعا لدرجة التحميص إلى :-

١- صمامات لا تحميص ثابت يساوي 8^0C وغير قابلة للمعايرة

٢- صمامات لها تحميص قابل للمعايرة وتكون مزودة بمكان لمعايرة التحميص وتجدر الإشارة إلى أن صمامات التمدد الحرارية المزودة بفتحة تعادل خارجية تستخدم مع المبخرات التي يحدث بها انخفاض كبير في الضغط كما هو الحال مع المبخرات التي تستخدم موزعات للسائل Distributors

أما صمامات التمدد الحرارية المزودة بفتحة تعادل داخلية فتستخدم مع المبخرات التي لا يحدث فيها انخفاض كبير في الضغط .



الشكل (٦-٧)

٦-٤-١ اختيار صمام التمدد الحراري

يتم اختيار صمام التمدد الحراري المناسب لوحدة التبريد أو التجميد تبعا للعناصر التالية :-

١- السعة التبريدية بالطن التبريدى أو الكيلو وات .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٢- مدى درجات الحرارة التي يعمل عندها المبخر .

٣- نوع مركب التبريد .

٤- مقدار فقد الضغط بالمبخر .

حيث أن صمامات التمدد الحرارية تصمم لتعمل مع مائع تبريد واحد فقط ولا يمكنها أن تستخدم مع مركب تبريد في أن واحد إلا بتغيير فونيه الصمام التي

توضع بمدخل الصمام Orifice كما سيتضح فيما بعد .

كما أن فقد الضغط في المبخر يحدد نوع الصمام هل بفتحة تعادل داخليه أو خارجية ؟ فالنوع الثاني يستخدم إذا كأن فقد الضغط في المبخر يزيد عن 0.28 bar (4PSI) وتعطى صمامات التمدد الحرارية مدى درجات حرارة يبدأ من (10^0C : -55^0C) لذلك ينبغي أن تتوافق مدى درجات حرارة الصمام مع درجات حرارة المبخر. أما السعة التبريدية التي يمكن تحقيقها بالصمام فيمكن التحكم فيها باختيار الفونيه المناسبة للصمام والتي توضع داخل فتحة دخول الصمام .

والجدول (٦-٣) يبين أرقام فوانى الصمام T2 المصنع بشركة Danfoss تبعا لنوع الفريون المستخدم وكذلك السعة التبريدية المطلوبة وكذلك تبعا لفقد الضغط في المبخر .

الجدول (٦-٣)

قطر ماسورة الخروج بالبوصة	قطر ماسورة الدخول بالبوصة	نوع خط التعادل	رقم الفونيه	السعة التبريدية KW	رمز الصمام	نوع الفريون
½	3/8	داخلي	00	1.0	Tx2-0.3	
½	3/8	خارجي	0X	0.5	TEX2-0.15	R22
½	3/8	خارجي	06	15.5	TEX2-4.5	
قطر ماسورة الخروج بالبوصة	قطر ماسورة الدخول بالبوصة	نوع خط التعادل	رقم الفونيه	السعة التبريدية KW	رمز الصمام	نوع الفريون

R134a	TN2-0.25	0.9	00	داخلي	3/8	½
	TN2-0.5	1.8	01	داخلي	3/8	½
	TEN2-3.0	10.5	06	خارجي	3/8	½
R404A	TS2-0.21	0.7	00	داخلي	3/8	½
	TS2-0.45	1.6	01	داخلي	3/8	½
	TES2-2.6	9.1	06	خارجي	3/8	½

ومن هنا نستنتج أنه ليس غريب علينا أن تقوم شركة Danfoss مثلا بإنتاج الصمام T2 والذي يعطى سعات تبريدية مع فريون R22 تبدأ من 1KW عند استخدام الفونيه رقم 00 إلى 15.5KW عند استخدام الفونيه رقم 06 علما بأنه يمكن استبدال الفونيه مع عدم استبدال جسم الصمام وتتناسب أرقام الفوانى مع معدل السريان فالفونيه رقم 0 لها أقل معدل سريان والفونيه رقم 06 لها أعلى معدل سريان .

٦-٤-٢ صمامات التمدد المحددة لضغط المبخر

تعمل صمامات التمدد المحددة لضغط المبخر والتي تسمى أحياناً بصمامات التمدد الحرارية ذات الضغط الأقصى MOP كصمام تمدد عادى طالما أن ضغط المبخر أقل من الضغط الأقصى للصمام أما عند وصول ضغط المبخر إلى الضغط الأقصى للصمام فأنه يعمل على منع وصول مركب التبريد إلى المبخر ومن ثم يعمل على تقليل ضغط المبخر ومنع تجاوزه الضغط الأقصى المسموح به ومن ثم يمنع زيادة الحمل على الضاغط وعند بدء دوران الضاغط فأن هذا الصمام يغلق حتى ينخفض ضغط المبخر إلى أقل من الضغط الأقصى للصمام ومن ثم يمنع زيادة الحمل على الضاغط أثناء بدء الحركة ويوجد نوعان من صمامات تحديد الضغط MOP وهما :-

١- صمام تمدد حراري MOP بشحنه محدده من مركب التبريد في عنصر الإحساس (البصيلة) فعند الوصول للضغط الأقصى للصمام فأن كل شحنة سائل التبريد الموجود في العنصر الحساس ذات الأنبوبة الشعرية سيتبخر فإذا زاد الارتفاع في درجة حرارة المبخر لن يحدث زيادة ملحوظة في الضغط فوق غشاء الصمام ومن ثم لا يتغير وضع فتح الصمام ويستخدم هذا النوع مع أجهزة التكييف والاستخدامات التي تحتاج لدرجة حرارة عالية .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٢- صمام تمدد حراري MOP بنظام تحديد ميكانيكي وهو يحتوى على غشاءين بدلا من غشاء واحد فالعلوي يكون مزود بياي ويعمل على تحديد فتح النظام عند تجاوز ضغط المبخر الحد الأقصى المسموح به ، والسفلي يتحكم في فتح الصمام تبعا لدرجة التحميص عند مخرج المبخر .

٦-٤-٣ أعطال صمامات التمدد الحرارية

أن معظم مشاكل صمامات التمدد الحرارية تنتج من أحد الأسباب التالية:

١- تركيب خاطئ للصمام .

٢-اختيار غير مناسب للصمام .

٣-استعمال زيوت غير مناسبة للضاغط .

٤-وجود رطوبة في دورة التبريد .

وقبل أن نتناول أعطال صمامات التمدد الحرارية بمزيد من التفاصيل سنستعرض بعض الإرشادات الخاصة باستخدام صمامات التمدد الحرارية وهي كما يلي :-

١- يجب أن يختار صمام التمدد الحراري ليعطى انخفاض الضغط المطلوب وليناسب كلا من السعة التبريدية لجهاز التبريد (TR أو Kcalh أو KW) ونوع الفريون المستخدم (R502 أو R22 أوR12) ويكون التحميص المطلوب واقع في مدى ضبط الجهاز .

٢- أحياناً يحدث تلف لإبرة الصمام أو مقعدة الصمام بسبب التآكل أو الصدأ أو تراكم الأوساخ بين إبرة الصمام ومقعدها مما يمنع القفل التام للصمام في هذه الحالة يجب فصل الصمام وتنظيفه أو استبداله ، ويمنع الطرق على الصمام كما يفعل بعض الفنيين لأن ذلك يؤدى لتلف الصمام كليا.

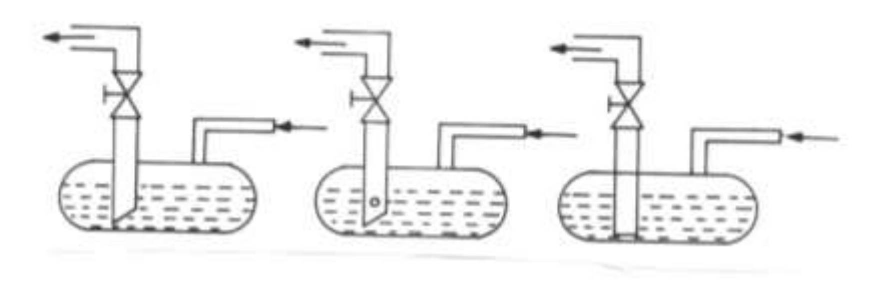
٣- أحياناً يحدث زرجنه لإبرة الصمام عند موضع معين بفعل تجمد الرطوبة الموجودة في دورة التبريد عند فونيه الصمام بدرجة تؤدى إلى إحداث انسداد جزئي أو كامل وهذا بسبب إما وصول كمية قليلة من سائل مركب التبريد للمبخر أو وصول كمية كبيرة من سائل مركب التبريد للمبخر أو انعدام وصول سائل مركب التبريد للمبخر وفي جميع هذه الحالات يمنع الطرق على الصمام أو تسخين الصمام باستعمال بوري اللحام ولكن يجب فصل الصمام عن دورة التبريد ونقوم بإزالة الرطوبة منه أو استبداله .

٤- أحياناً يفتح صمام التمدد الحراري أثناء توقف الضاغط عندما تكون بصيلة الصمام مثبته على خط سحب الضاغط خارج غرفة التبريد مهما كانت درجة عزل خط السحب والبصيلة وذلك لأن درجة حرارة السحب ترتفع أسرع من ارتفاع درجة حرارة غرفة التبريد وهذا يسبب وصول

سائل مركب التبريد للضاغط أثناء توقفه وعند بدء دوران الضاغط يحدث طرق للسائل قد يؤدى لتلف صمامات الضاغط ولاستبعاد هذه المشكلة يستخدم صمام كهربي في خط السائل لمنع انتقال سائل مركب التبريد إلى المبخر أثناء توقف الضاغط وكذلك يجب تركيب بصيلة صمام التمدد الحراري داخل غرفة التبريد وليس خارجها .

٥- ينصح باستخدام زجاجتين بيان أحدهما عند مخرج خزان السائل للتأكد من أن شحنة مركب التبريد كافية والثانية قبل صمام التمدد الحراري للتأكد من وصول كمية مناسبة من مركب التبريد إلى صمام التمدد ويفضل أن تكون هذه الزجاجات مزودة بمبين رطوبة وفي حالة وجود فقاعات غازية في زجاجات البيان فإن هذا يعنى نقص شحنة مركب التبريد وكذلك فأن تغير لون مبين الرطوبة من اللون الأزرق إلى اللون الوردي في حالة استخدام R12 ومن اللون الأخضر إلى الوردي في حالة استخدام R22 .

٦- قبل أن تقرر أن هناك نقص في شحنة مركب التبريد بمجرد رؤية فقاعات الغاز في زجاجة البيان يجب التأكد من عدم وجود ثقب ف الماسورة الخارجة من خزان السائل لأن هذا يسبب دخول غازات الفريون الغير متكاثفة والموجودة في الخزان لخط السائل فتظهر الفقاعات وكذلك يجب التأكد من أن ماسورة الخروج من خزان السائل مقطوعة في نهايتها قطع مائل وليس قطع عدل لأن القطع العدل يعيق دخول سائل مركب التبريد لهذه الماسورة .



الشكل (٦-٨)

والشكل (٦-٨) يعرض خزان سائل به ماسورة خروج بقطع عدل (الشكل أ) وخزان سائل به ماسورة خروج بقطع مائل ولكن مثقوبة (الشكل ب) وخزان سائل به ماسورة خروج بقطع مائل وسليمة (الشكل جـ) .

٧- يمنع وضع وصلة التعادل الخارجية لصمامات التمدد الحرارية عند أو قبل بصيلة الصمام من ناحية المبخر لأن ذلك يؤدى لزيادة تبريد بصيلة الصمام ومن ثم يقفل الصمام ولا يسمح بمرور كمية مناسبة من سائل مركب التبريد للمبخر ، ويمنع تماما غلق فتحة التعادل الخارجية لتحويل صمام التمدد الحراري لصمام عادى لأن ذلك يسبب حدوث خلل في عمل الصمام وقد يحدث أحياناً خلل في عمل صمام التمدد الحراري المزود بوصلة تعادل خارجية نتيجة لانسداد ماسورة التعادل وحتى نقرر ذلك يجب قياس الضغط في خط التعادل الخارجي فإذا كأن الضغط أقل بكثير من ضغط خط سحب الضاغط هذا يعنى أن ماسورة التعادل الخارجية مسدودة كليا أو جزئيا .

٨- يجب تثبيت الماسورة الشعرية المتصلة ببصيلة الصمام التمدد الحراري جيدا حتى لا تهتز وتنكسر وكذلك يمنع الثني الحاد لهذه الماسورة .

٩- يمنع استخدام الزيوت التي تحتوى على شمع برافيني مع دورات التبريد العاملة بفريون R22 لتجنب المشاكل التي تحدث نتيجة لتراكم الشمع على مقعدة الصمام وينصح باستخدام الزيوت العضوية Synthetic خصوصا في أجهزة التبريد ذات درجات الحرارة المنخفضة جدا ولكن ينصح باستخدام مرشحات مجففات جيدة لامتصاص أي رطوبة بدورة التبريد لأن هذه الزيوت تمتص أي رطوبة بشراهة وكلما ازدادت نسبة الرطوبة في الزيت والتي تسبب مشاكل كثيرة مع صمامات التمدد الحرارية . والجدول (٦-٤) يعرض أعطال دورة التبريد والناتجة عن مشاكل بصمامات التمدد الحرارية وأسبابها المحتملة وطرق إصلاحها .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الجدول (٦-٤)

العطل	الأسباب المحتملة	الإصلاح
ضغط السحب منخفض- وتحميص عالي ويؤدى ذلك لمرور كمية غير كافية من السائل للمبخر .	١-درجة حرارة منخفضة للوسط المحيط بالمكثف . ٢-نقص في شحنة مركب التبريد . ٣-انسداد بماسورة تعادل الضغط الخارجي . ٤-انسداد لفوهة الصمام بفعل تراكم الشحم أو الزيت أو الغبار . ٥-ضبط عالي للتحميص . ٦-تسرب شحنة البصيلة . ٧-انقلاب شحنة البصيلة .	١-استخدام منظم ضغط للمكثف . ٢-ابحث عن التسريب وعالجه وأعد الشحن. ٣-نظف أو استبدل ماسورة التعادل الخارجية بعد التأكد من السد وبعداد ضغط . ٤-نظف الصمام وغير المجفف المرشح . ٥-أعد عملية ضبط الصمام . ٦-استبدل الصمام . ٧-سخن رأس الصمام بعناية لإعادة الشحن.
انخفاض ضغط السحب وانخفاض التحميص	١-توزيع مركب التبريد غير منتظم	١-افحص موزع مركب التبريد.
ارتفاع ضغط السحب وانخفاض التحميص مما يؤدى لحدوث تكاثف للماء على خط السحب .	١-ضبط خاطئ للتحميص . ٢-مقعد الصمام مفتوح دائما نتيجة لتراكم الأوساخ والزيت ٣-انسداد بماسورة تعادل الضغط الخارجي.	١-أعد عملية الضبط . ٢-نظف الصمام واستبدل المجفف /المرشح. ٣-نظف أو استبدل ماسورة التعادل الخارجي بعد التأكد

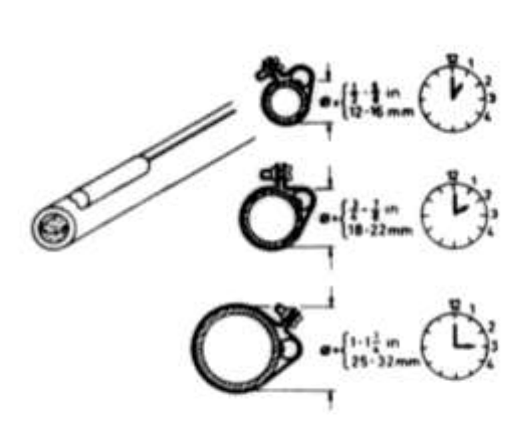
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

تابع الجدول (٦–٤)

العطل	الأسباب المحتملة	الإصلاح
		من السدد بعداد ضغط .
	٤–وقوف أو التصاق إبرة الصمام في وضع الفتح.	٤–يتم تنظيف الصمام أو استبداله .
	٥–مشكلة في تثبيت بصيلة صمام التمدد الحراري.	٥–تأكد من تثبيت بصيلة صمام التمدد الحراري بطريقة صحيحة وجيدة وعدم تأثرها بأي مصدر حراري خارجي.
تذبذب ضغط السحب	١–ضبط خاطئ للتحميص .	١–أعد عملية الضبط.
	٢–حمل غير منتظم على المبخر	٢–تأكد من أن موزع السائل متصل بطريقة صحيحة مع المبخر.
	٣–وجود عائق بماسورة تعادل الضغط الخارجي.	٣–نظف أو استبدل ماسورة تعادل الضغط الخارجي .
	٤–وجود زيت بخط السحب يؤثر على الحرارة المحسوسة بواسطة بصيلة الصمام .	٤–تأكد من أن موقع البصيلة بعيدا عن مصيدة الزيت بخط السحب .

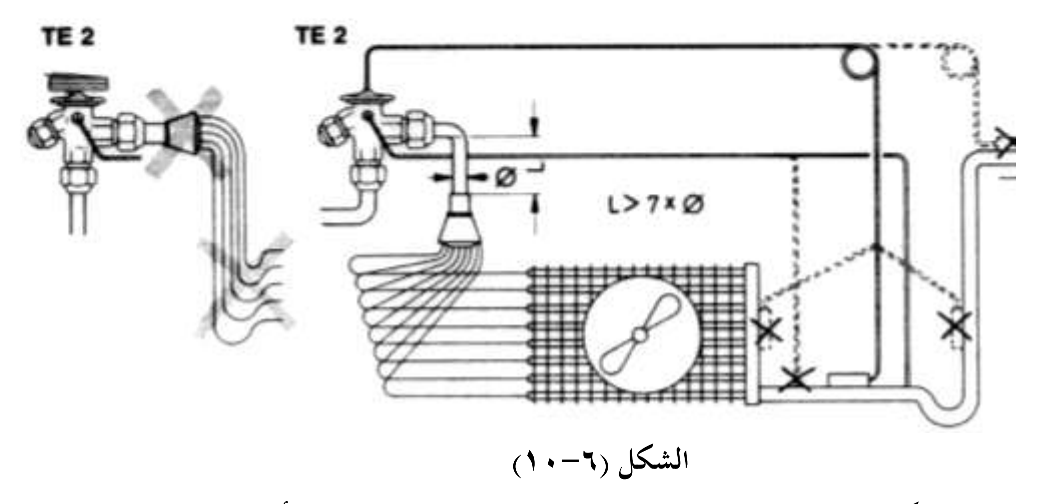
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

والشكل (٦–٩) يبين أوضاع تثبيت بصيلة صمام التمدد الحراري تبعا لقطر ماسورة السحب فثبت على وضع الساعة الواحدة لأقطار تتراوح ما بين (12 : 16) mm وتثبت على وضع الساعة الثانية لأقطار تتراوح ما بين (18 : 22 mm) وتثبت على وضع الساعة الثالثة لأقطار تتراوح ما بين (25 : 32 mm) .



الشكل (٦–٩)

والشكل (٦–١٠) يوضح أن بصيلة الصمام يجب أن تكون في وضع أفقي ولا يجوز أن تكون في وضع رأسي ويجب أن تكون قبل مصيدة الزيت وليست بعده أما ماسورة التعادل الخارجية فيجب أن تكون بعد بصيلة الصمام وليست قبله كما أن المسافة بين صمام التمدد الحراري وموزع السائلL يجب أن تكون أكبر من سبع أضعاف قطر ماسورة السحب Ø أي أن L>7x Ø

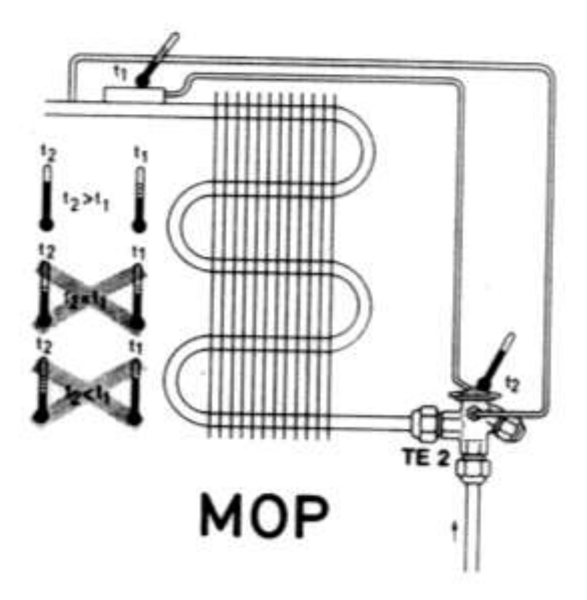


الشكل (٦–١٠)

وفي نفس الشكل الطريقة الصحيحة والطريقة الخاطئة لتركيب موزع السائل علما بأن هذه التوصيات لشركة Danfoss .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتقل بين الصفحات.

والشكل (٦-١١) يبين طريقة تركيب صمام تمدد حراري له حد أقصى لضغط التشغيل MOP ، وتستخدم هذه الصمامات لمنع تجاوز ضغط المبخر الضغط الأقصى المسموح به ومن ثم تمنع زيادة الحمل على الضاغط ويلاحظ أن درجة حرارة الغشاء المطاطي للصمام t_2 يجب أن تكون أكبر من درجة حرارة بصيلة الصمام وذلك تبعا لتوصيات شركة Danfoss .



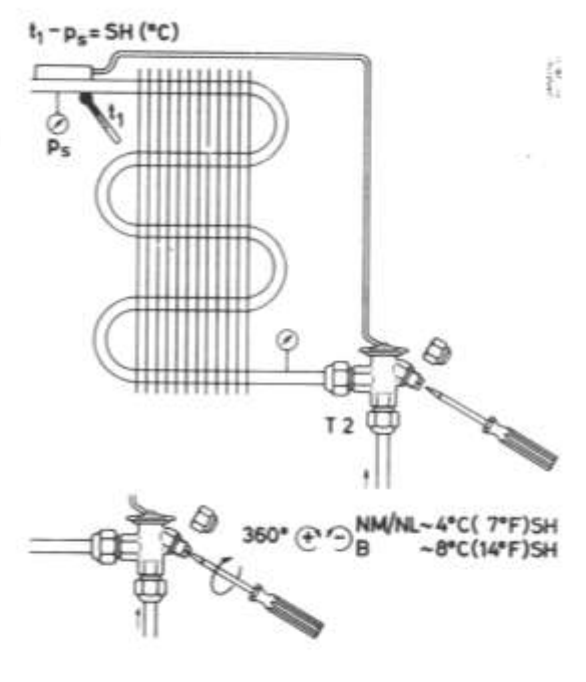
الشكل (٦-١١)

والشكل (٦-١٢) يبين طريقة ضبط تحميص صمامات التبريد طراز T_2 المنتجة بشركة Danfoss حيث أن :-

التحميص SH يساوي الفرق بين درجة الحرارة عند مكان تثبيت بصيلة الصمام t_1 ودرجة حرارة التشبع لمركب التبريد في المبخر P_s أي أن :-

$$SH = t_1 - P_s \ (^0C)$$

ويلاحظ أن التحميص يزداد عند إدارة مسمار الضبط في اتجاه عقارب الساعة ويقل عن إدارة مسمار الضبط في عكس اتجاه عقارب الساعة .



الشكل (٦-١٢)

٦-٤-٤ طرق إزالة الرطوبة الموجودة في صمامات التمدد وأسبابها

يمكن أن يحدث تجمد للرطوبة داخل صمام التمدد الحراري بعد التوقف لمدة طويلة الأمر الذى يؤدى إلى مشاكل في جهاز التبريد وهناك عدة أسباب لانتقال الرطوبة إلى صمام التمدد الحراري مثل :-

١-ذوبان الرطوبة المتجمدة في المبخر عند توقف جهاز التبريد لمدة طويلة وتنتقل مع مركب التبريد إلى الصمام .

٢-هروب بعض الماء الموجود في المجفف / المرشح عند ارتفاع درجة حرارة الهواء المحيط والذي يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة سائل مركب التبريد فتقل قدرة المرشح/المجفف على امتصاص الرطوبة وهذا يفسر كثرة متاعب صمامات التمدد الحرارية في فصل الصيف نتيجة لتجمد الرطوبة بداخلها .

٣-ارتفاع درجة حرارة الضواغط المحكمة القفل بدرجة عالية يؤدى إلى تبخر أي رطوبة في ملفات محرك الضاغط .

والجدير بالذكر أنه توجد عدة طرق لإزالة الرطوبة من صمامات التمدد لعل أشهرها :

١- إزالة الرطوبة باستخدام كحول الميثيل .

٢- إزالة الرطوبة بالتجفيف داخل فرن .

أولا إزالة الرطوبة باستخدام كحول الميثيل :-

تتلخص هذه الطريقة بفصل صمام التمدد الحراري من دورة التبريد ثم نسكب كحول الميثيل من فتحة الضغط العالي للصمام مع سد فتحة الضغط المنخفض بالإبهام ثم بعد ذلك نسد فتحتي الضغط العالي والضغط المنخفض بأصابع اليد مع هز الصمام ثم نسكب كحول الميثيل من فتحة الضغط المنخفض ونكرر ذلك ثلاثة مرات وبعد ذلك نوصل صمام التمدد باسطوانة فريون R12 من ناحية فتحة الضغط العالي ونسمح بفريون R12 بالمرور بصورة غازية (اسطوانة فريون R12 تكون في وضع قائم) وذلك للتخلص من أي آثار لكحول الميثيل والذي قد يؤدى لا ضرار في دورة التبريد عند وجودة .

ثانيا إزالة الرطوبة بالتجفيف داخل فرن

وتتلخص هذه الطريقة في وضع صمام التمدد الحراري بعد فك صماويل فتحات الضغط العالي والمنخفض داخل فرن مزود بوسيلة لتنظيم الحرارة بحيث لا تزيد الحرارة داخل الفرن عن 60^0C وذلك

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

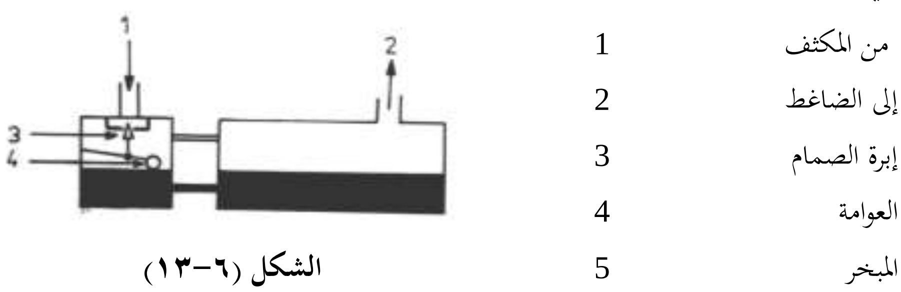
لمدة تصل إلى ثلاثة ساعات بعدها نخرج الصمام من الفرن ونقوم بإحكام رباط صماويل فتحاته حتى لا تدخل أي رطوبة من الهواء الجوى لداخل الصمام مرة أخرى .

٦-٥ عوامات الضغط المنخفض

تستخدم عوامات الضغط المنخفض كوسيلة تمدد في الأنظمة ذات السعات التبريدية العالية حيث يتم تثبيت خزان صغير بعوامة مع المبخرات المغمورة وبالتالي يصبح مستوى سائل التبريد في غرفة العوامة مساويا لمستوى السائل في خزان المبخر المغمور فعند زيادة حمل المبخر يقل مستوى سائل التبريد في المبخر وبالتالي ينخفض مستوى العوامة في خزان العوامة فيزداد تدفق سائل التبريد المتوجة من المكثف إلى الخزان كما بالشكل (٦-١٣) .

حيث أن :

من المكثف	1
إلى الضاغط	2
إبرة الصمام	3
العوامة	4
المبخر	5



الشكل (٦-١٣)

ويلاحظ أن العوامة موجودة في حيز به ضغط منخفض (ضغط المبخر) .

والجدول (٦-٥) يبين أعطال دورات التبريد والناتجة عن مشاكل بعوامات ضغط منخفض .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الجدول (٦-٥)

العطل	الأسباب المحتملة	الإصلاح
ارتفاع ضغط السحب لزيادة تدفق السائل للمبخر ويتكاثف الماء على خط السحب ويصل سائل للضاغط يحدث طرقات عالية .	١-تراكم الشمع أو خلافة على مقعدة الصمام أو إبرة الصمام . ٢-انثناء ذراع العوامة . ٣-زرجنة مفصل تثبيت ذراع العوامة . ٤-سماح الصمام بمرور كمية من السائل خلال فترة توقف الضاغط .	١-فك الصمام بعد فصله عن دورة التبريد ونظفه واستبدله أن لزم الأمر. ٢-فك الصمام بعد فصله عن دورة التبريد واستعدل ذراع العوامة أو استبدل الصمام. ٣-فك ذراع العوامة وزيت المفصل. ٤-استخدام صمام كهربي في خط السائل يمنع وصول السائل إلى الضاغط أثناء توقف الضاغط
انخفاض ضغط السحب لانخفاض تدفق السائل للمبخر ويقل التبريد .	١-انسداد مرشح الدخول للعوامة. ٢-حركة مقيدة لذراع العوامة ٣-انسداد فتحة مرور سائل مركب التبريد للمبخر أو فتحة التنفيس العلوية.	١-ارفع المرشح ونظفه. ٢-فك ذراع العوامة وزيت المفصل. ٣-نظف فتحة مرور سائل مركب التبريد وفتحة التنفيس العلوية.

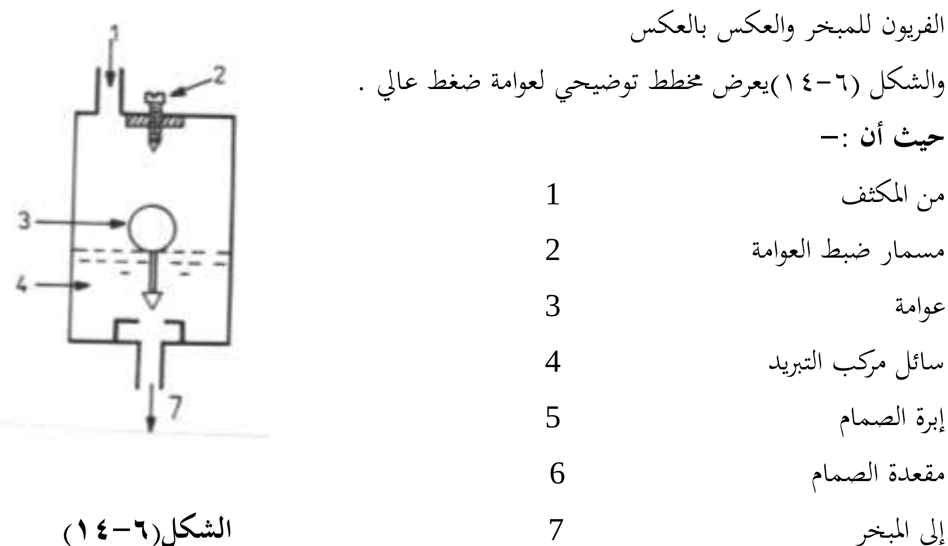
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٦-٦ عوامات الضغط العالي

تستخدم عوامة الضغط العالي كوسيلة تمدد في أجهزة التبريد الصناعية وهي تقوم بتنظيم تدفق سائل الفريون حتى يناسب معدل التكثيف في المكثف فكلما زاد معدل التكثيف في المكثف ازداد تدفق سائل الفريون للمبخر والعكس بالعكس

والشكل (٦-١٤)يعرض مخطط توضيحي لعوامة ضغط عالي .

حيث أن :-



من المكثف	1
مسمار ضبط العوامة	2
عوامة	3
سائل مركب التبريد	4
إبرة الصمام	5
مقعدة الصمام	6
إلى المبخر	7

الشكل(٦-١٤)

ويلاحظ أن الضغط داخل غرفة العوامة يكون هو ضغط المكثف (ضغط عالي) .

والجدول (٦-٥) يبين أعطال دورات التبريد والناتجة عن مشاكل في عوامة الضغط العالي .

الجدول (٦-٦)

العطل	الأسباب المحتملة	الإصلاح
ارتفاع ضغط المبخر لزيادة تدفق السائل للمبخر ويتكاثف الماء على خط السحب ويصل سائل للضاغط يحدث طرقات عالية .	١-زيادة شحنة مركب التبريد.	١-تخلص من جزء من شحنة مركب التبريد حتى تصل إلى ظروف التشغيل الصحيحة.
انخفاض ضغط المبخر لعدم مرور كمية كافية من السائل للمبخر مما يؤدى إلى ارتفاع درجة الحرارة داخل غرفة التبريد.	١-انسداد مرشح الدخول بالأوساخ. ٢-تراكم الأوساخ أو الشمع على إبرة الصمام أو مقعدته .	١-فك المرشح ونظفه. ٢-فك الصمام ونظفه أو استبدله .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

تابع الجدول (٦-٦)

العطل	الأسباب المحتملة	الإصلاح
	٣-انثناء إبرة الصمام.	٣-استعدل إبرة الصمام أو استبدلها.
	٤-نقص شحنة مركب التبريد.	٤-افحص مكان التسرب ثم أضف كمية من مركب التبريد بعناية حتى لا يزيد مركب التبريد عن المطلوب.
	٥-انسداد فتحة الدخول أو فتحة الخروج.	٥-نظف فتحات غرفة الضغط العالي .
فقدان التبريد بشكل تام لتساوي ضغط المبخر .	١-بقاء الصمام مفتوحا بسبب تراكم الشمع أو الأوساخ على إبرة الصمام أو مقعدة الصمام .	١-فك الصمام ونظفه وزيت الجزاء المفصلية.

٦-٧ صمامات التمدد الإلكترونية

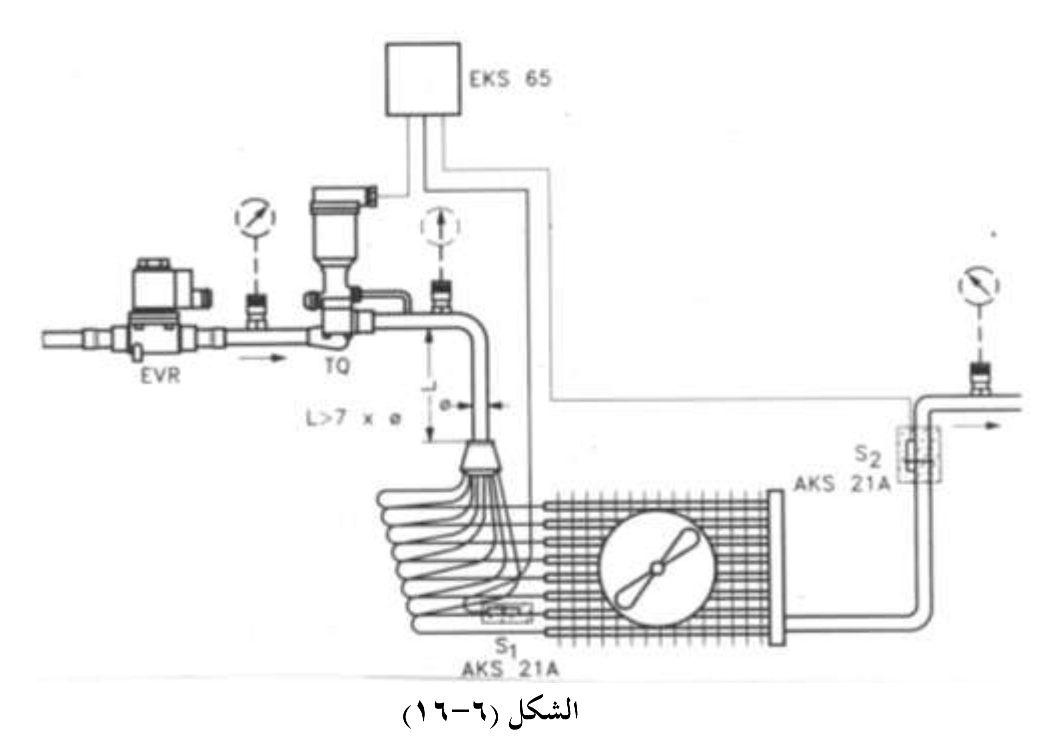
صمامات التمدد الإلكترونية هي صمامات تمدد بسيطة تتكون من صمام بسيط لا يختلف عن صمام التمدد الحراري إلا في استبدال البصيلة والأنبوبة الشعرية والمستخدمة في الإحساس بالتحميص في حالة صمام التمدد الحراري بدائرة إلكترونية مع مجسين حرارة أحدهما يوضع عند مدخل المبخر والآخر يوضع عند مخرج المبخر ، وتعمل الدائرة الإلكترونية تبعا لفرق درجات الحرارة بين مدخل ومخرج المبخر للتحكم في الجهد الداخل لصمام التمدد الحراري ومن ثم التحكم في وضع الصمام .

والشكل(٦-١٥) نموذج يعرض لصمام تمدد إلكتروني من إنتاج شركة Singer Control Division .

الشكل (٦-١٥)

أما الشكل (٦-١٦) فيبين طريقة استخدام صمام التمدد الإلكتروني المصنع بشركة Danfoss مع مبخر هوائي حيث يستخدم مجسين حراريين S_1,S_2 فالمجس S_1 يوضع عند مدخل المبخر والمجس S_2 يوضع عند مخرج المبخر وتستخدم الدائرة الإلكترونية طراز EKS 52 والتي يتم تغذيتها من مصدر تيار متردد 24 V مع الأخذ في الاعتبار أن درجة الحرارة الخارجية يجب ألا تقل عن -10^0C ولا تزيد عن 50^0C ويمكن وضع صمام التمدد الإلكتروني TQ في وضع رأسي أو مائل بحد أقصى (22.5^o درجة) ، ويجب أن تكون المسافة بين صمام التمدد الإلكتروني والموزع محققة للعلاقة $L > 7\ Ø$ حيث أن Ø هي قطر الماسورة الداخلة للموزع .

والجدير بالذكر أن الصمام الكهربي E V R يستخدم لمنع تدفق سائل مركب التبريد أثناء التوقف.ويبدأ عمل الدائرة بمجرد فتح الصمام الكهربي .



الشكل (٦-١٦)

والشكل (٦-١٧) يعرض دائرة التبريد والدائرة الكهربية لوحدة تبريد تستخدم صمام تمدد إلكتروني .

حيث أن :-

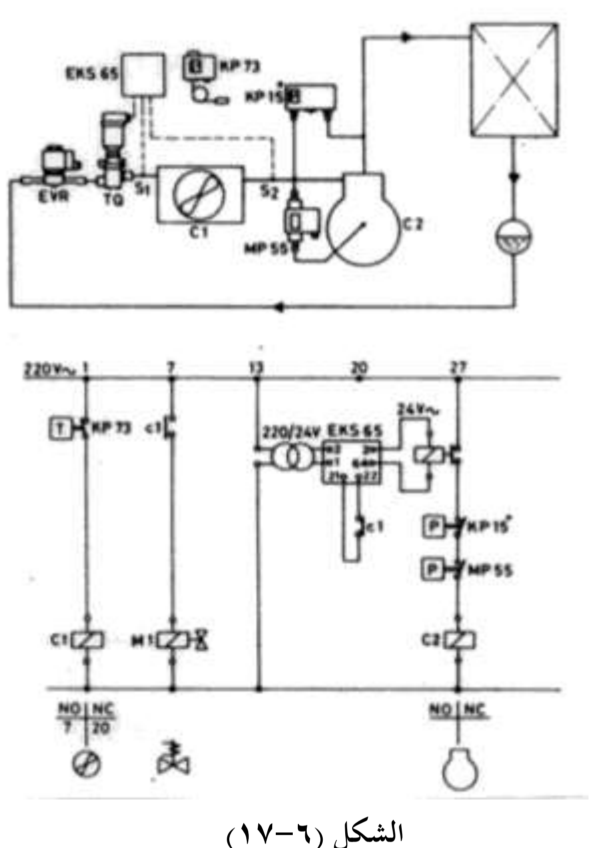
صمام كهربي	E V R

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

صمام التمدد الإلكتروني	TQ
مجسات حرارية	S_1 ,S_2
دائرة التحكم الإلكتروني	E K S 65
ثرموستات	K P 73
قاطع ضغط فرقي	K P 15
قاطع ضغط الزيت	M P 55
كونتاكتور الضاغط	C_1
كونتاكتور مروحة المبخر	C_2

نظرية عمل الدائرة :-

عند ارتفاع درجة حرارة غرفة التبريد تغلق ريشة الثرموستات KP 73 فيعمل C_1 وتدور مروحة المبخر وتباعا تغلق الريشة المفتوحة C_1 ويعمل الصمام الكهربي M_1 فيتدفق سائل مركب التبريد ليصل لصمام التمدد الإلكتروني وفي نفس الوقت تغلق الريشة C_1 الموصلة مع الدائرة الإلكترونية EKS 65 فتعمل على تشغيل الريلاي Relay الموصل بها فتغلق الريشة المفتوحة وعندما تكون ريش كلا من قاطع الضاغط الفرقي KP15 وقاطع ضغط الزيت MP 55 مغلقة يعمل C_2 ومن



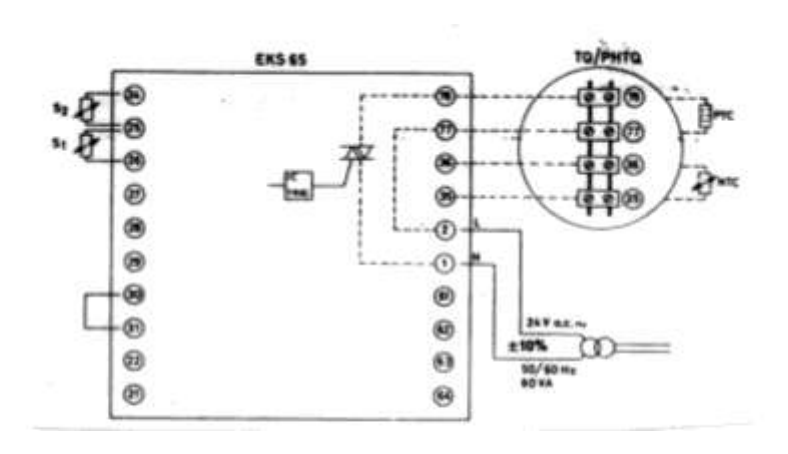
الشكل (٦-١٧)

ثم يعمل محرك الضاغط ، وعند وصول درجة حرارة غرفة التبريد لدرجة حرارة الثرموستات KP 73 تفتح ريشة الثرموستات فينقطع مسار تيار C_1 ويتوقف محرك المروحة وتباعا تفتح ريشة C_1 الموصلة مع الصمام الكهربي M_1 وينقطع تدفق سائل التبريد الواصل لصمام التمدد الكهربي وتغلق ريشة C_1

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الموصلة مع الدائرة الإلكترونية فيفتح ريلاي الدائرة الإلكترونية ريشته وينقطع مسار تيار C_2 ويتوقف الضاغط .

والشكل (٦-١٨) يبين مخطط توصيل صمام التمدد الإلكتروني T Q ومجسات درجة الحرارة S_1 , S_2 مع الدائرة الإلكترونية EKS 55 .



الشكل (٦-١٨)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الباب السابع

العناصر التكميلية

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

العناصر التكميلية

٧-١ مقدمة

العناصر التكميلية هي بعض العناصر التي تستخدم لتنظيم عمل دورات التبريد وتعمل على حماية العناصر الأساسية السالفة الذكر من التلف وأيضا تسهل عمليات المتابعة والتشغيل والصيانة وفي الفقرات التالية سنتناول أهم العناصر التكميلية .

٧-٢ المرشح / المجفف Filter / Drier

يعمل المرشح / المجفف على حجز ذرات أكسيد النحاس الناتجة عن عمليات اللحام على الناشف Brazing وكذلك على تجفيف مركب التبريد من أي رطوبة موجودة في دورة التبريد ومن ثم يمنع حدوث إعاقة في صمامات التمدد أو الأنابيب الشعرية بفعل تجمد ذرات الماء عندها .

كما أن هناك بعض المرشحات / المجففات تقوم بوظيفة ثانية وهي امتصاص أي حوامض في مركب التبريد والتي تكون قد تكونت نتيجة لاحتراق ملفات محرك الضاغط .



الشكل (٧-١)

والشكل (٧-١) يعرض نماذج مختلفة لمجففات /مرشحات صغيرة تستخدم في أنظمة التبريد والتكييف الصغيرة من إنتاج شركة Parker Hannifin Co.

وعادة تحتوى المرشحات / المجففات على مادة السليكاجل أو الألومينا جل وهي مواد ماصة للرطوبة .

ويوجد ثلاثة أنواع من المجففات / المرشحات الصغيرة وهم :

١-مجففات /مرشحات بمدخل واحد ومخرج واحد .

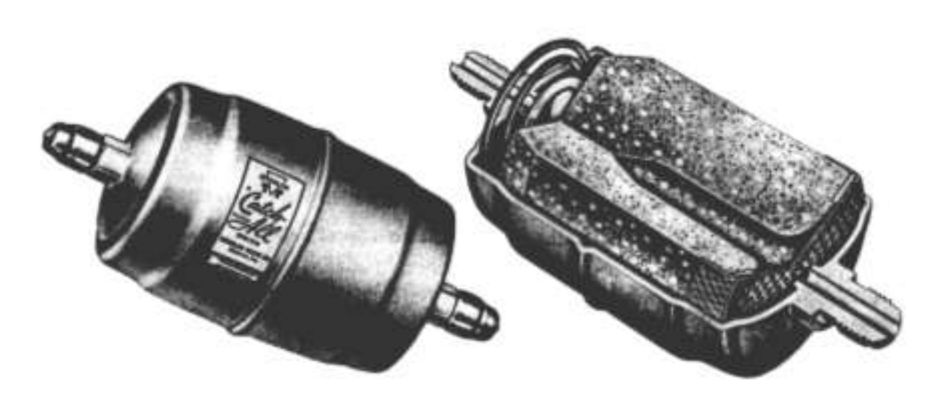
٢-مجففات /مرشحات بمدخلين ومخرج واحد .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٣-مجففات /مرشحات بمدخل واحد ومخرج واحد مجهزة بأنبوبة شعرية عند المخرج .

ويمكن تحديد اتجاه تدفق مركب التبريد في المجفف/مرشح من اتجاه السهم المرسوم عليه أو بالنظر في طرفي المجفف/مرشح فالجانب الذى به مصفاة ناعمة هو المخرج .

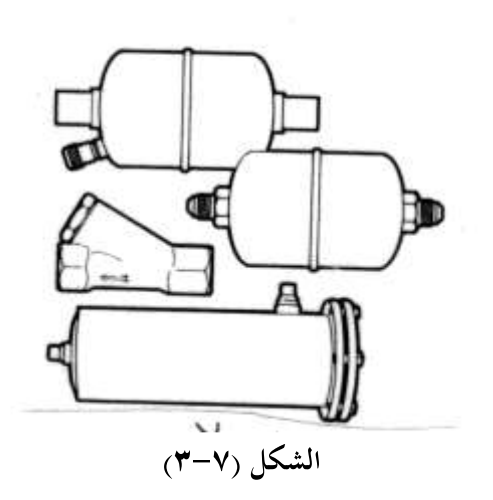
والشكل (٧-٢) يبين نموذج لمجفف/مرشح من إنتاج شركة Sporlan وقطاع به مبينا أجزائه الداخلية .



الشكل (٧-٢)

والمجففات ذات المدخلين فتستخدم من أجل توفير مدخل إضافي للخدمة ومن ثم يصبح هناك مدخلين للتفريغ وهما مدخل خدمة الضاغط ومدخل خدمة المجفف /المرشح .

والشكل (٧-٣) يعرض نماذج مختلفة للمجففات /المرشحات المستخدمة مع أجهزة التبريد ذات السعات التبريدية العالية من إنتاج شركة Mueller Brass Co.



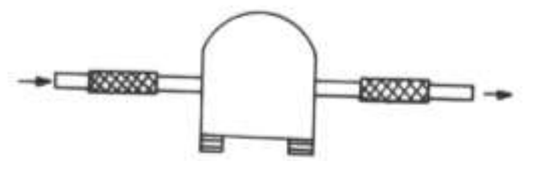
الشكل (٧-٣)

٧-٣ مخفضات الاهتزازات Vibration Isolators

لمنع انتقال الاهتزازات أو الضوضاء من الضواغط إلى مواسير دورة التبريد تستخدم مخفضات اهتزازات عند مدخل ومخرج الضاغط كما بالشكل (٧-٤) .

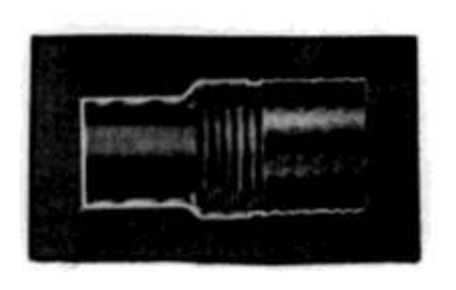
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

والجدير بالذكر أنه في حالة وحدات التبريد الصغيرة والتي يستخدم فيها مواسير نحاس طرية لها قطر صغير تشكل المواسير على شكل ملف عند مدخل ومخرج الضاغط لمنع انتقال الاهتزازات .



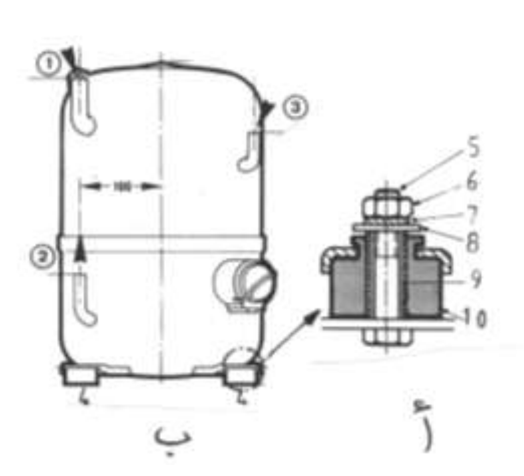
الشكل (٧-٤)

أما في الوحدات الكبيرة فتستخدم مواسير معدنية مرنة لمنع انتقال الاهتزازات والشكل (٧-٥) يعرض نموذج لأحد مخفضات الاهتزازات من إنتاج شركة Carrier Co. وعادة تستخدم مانعات الاهتزازات في خط طرد الضاغط ،وأيضا يتم تثبيت الضاغط على ركائز مزودة بياي لمص الاهتزازات .



الشكل (٧-٥)

والشكل (٧-٦) يعرض ركيزة ضاغط ماصة للاهتزازات من إنتاج شركة Tecumseh (الشكل أ) ومكانها بالضاغط (الشكل ب) .



الشكل (٧-٦)

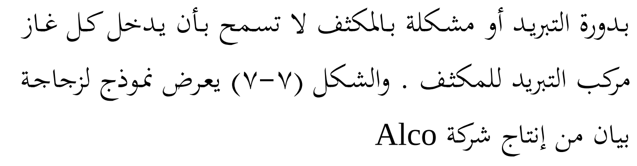
حيث أن :-

خط السحب	1	صامولة	6
خط الطرد	2	وردة زنبركية	7

مدخل الخدمة	3	وردة عادية	8
ركيزة بأي لمص الاهتزازات	4	جلبة	9
مسمار	5	قاعدة مطاطية	10

٧-٤ زجاجة البيان Sight Glass

تعتبر زجاجة البيان هي النافذة لرؤية ما يحدث داخل نظام التبريد وتساعد زجاجة البيان فني التبريد في الكشف على دورة التبريد وهي تثبت عادة في خط السائل قبل عنصر التمدد ويمكن من خلال زجاجة البيان معرفة هل خط السائل فارغ أو مملوء بالسائل أو شبه مملوء بالسائل حيث يبدو سائل الفريون كالماء وفي حالة ظهور فقاعات في سائل التبريد أثناء عمل الضاغط يعني وجود مشكلة مثل انخفاض شحنة التبريد أو انخفاض في الضغط لوجود سدد في المرشح أو عنصر آخر من العناصر الملحقة بدورة التبريد أو مشكلة بالمكثف لا تسمح بأن يدخل كل غاز مركب التبريد للمكثف . والشكل (٧-٧) يعرض نموذج لزجاجة بيان من إنتاج شركة Alco



الشكل (٧-٧)

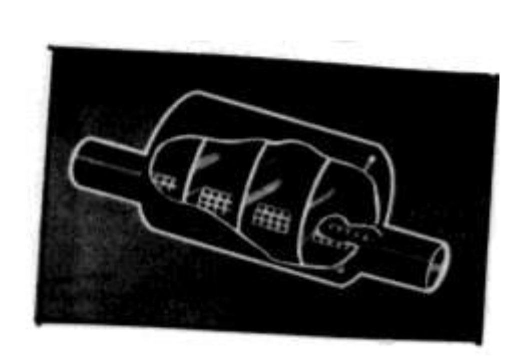
وأيضا تستخدم زجاجات البيان في الكشف عن وجود بخار الماء في دورات التبريد البخارية حيث تحتوى على أملاح كيميائية يتغير لونها عند تفاعلها مع بخار الماء فاللون الوردي أو الأصفر للدلالة على وجود بخار ماء في دورة التبريد واللون الأخضر أو الأزرق للدلالة على خلو دورة التبريد من بخار الماء.

٧-٥ كاتم الصوت Muffler

يستخدم كاتم الصوت في دورات التبريد تماما كما يستخدم كاتم الصوت (الشكمان) في السيارات للحد من الضوضاء الصادرة منها ، ويوضع كاتم الصوت عند مخرج الضاغط وأحيانا يوصل داخليا مع خط طرد الضاغط والشكل (٧-٨) يبين التركيب الداخلي لكاتم صوت من إنتاج شركة (Carrier Co.) .

فعند مرور بخار الفريون داخل كاتم الصوت يحدث تمدد متكرر بداخلة مما يؤدى إلى تقليل الضوضاء لأقل حد ممكن وكذلك يمنع انتقال الاهتزازات من الضاغط إلى باقي أجزاء دورة التبريد خصوصا في الضواغط الترددية والتي يكون خرجها على شكل نبضات متكررة علما بأن انتقال الاهتزازات يؤدى لانكسار

خط ضغط الضاغط ويمكن تركيب كاتم الصوت في وضع رأسي بحيث يكون اتجاه التدفق من أعلى لأسفل والشكل (٧-٩) يعرض ضاغط ترددي من النوع المحكم القفل يوجد بداخله كاتم صوت من إنتاج شركة General Electric Co. .



الشكل (٧-٩)

حيث أن :

كاتم الصوت	1
مخرج العادم	2
المدخل	3
المكبس	4
ماص الاهتزازات	5

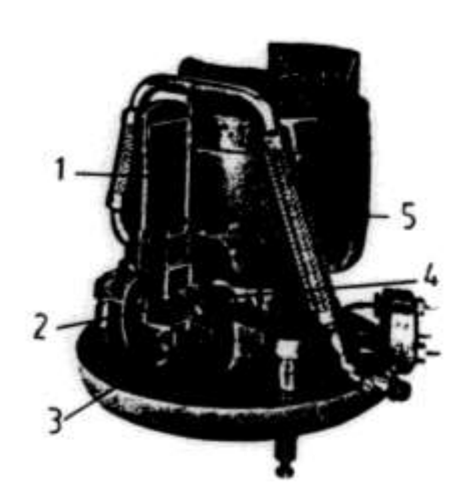
٧-٦ المبادل الحراري Heat Exchanger

يقوم المبادل الحراري بتقليل الفرق بين درجة حرارة السائل الخارج من المكثف ودرجة حرارة بخار الفريون الداخل على خط سحب الضاغط وذلك من أجل :-

١- زيادة كفاءة النظام عند العمل عند درجات حرارة خط سحب منخفضة خصوصا مع R 12 , R 502 .

٢- زيادة تبريد سائل الفريون ومن ثم يمنع حدوث بخر للسائل الخارج من المكثف .

تبخير بقايا السائل المتواجدة مع بخار الفريون الداخل لخط سحب الضاغط ويعتبر هذا السبب هو السبب الوحيد عند استخدام المبادل الحراري مع فريون R 12 .



الشكل (٧-٩)

وهناك تصميمات مختلفة للمبادلات الحرارية مثل :-

أ- يلحم خط السائل مع خط سحب الضاغط معا وخصوصا مع أجهزة التبريد الصغيرة مثل

الثلاجات المنزلية .

ب- غلاف وملف حيث يمر سائل مركب التبريد في الملف ويمر بخار مركب التبريد البارد في الغلاف الخارجي المحيط بالملف ويعاب على هذا النوع تجمع الزيت داخل الغلاف .

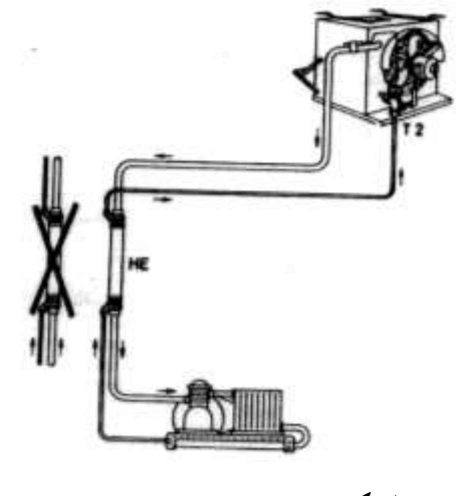
ج- أنابيب مركزية داخل أنابيب خارجية وهذا النوع ليس ذو كفاءة عالية كالسابق ولكن يستخدم لتحاشى مشكلة تجمع الزيت .



الشكل (٧-١٠)

د- أنابيب حلزونية محيطة بأنبوبة مركزية متصلة بخط السحب للضاغط ويستخدم هذا النوع مع المبخرات التي يتم تبريدها بالهواء المدفوع ويستخدم هذا النوع من غرف التبريد ذات درجات الحرارة المنخفضة . والشكل (٧-١٠) يعرض نموذج لهذا النوع من المبادلات الحرارية بعد فك الغلاف الخارجي له(Refrigeration Research Inc.)

والشكل (٧-١١) يبين طريقة وضع مبادل حراري Danfoss نوع HE في الدائرة حيث يجب أن يكون اتجاه تدفق الغاز عكس اتجاه تدفق السائل (الشكل أ) وكذلك عند لحام المبادل الحراري في الدورة يجب ألا ترتفع درجة حرارة المبادل عن 660^0C ويلف حول مكان اللحام قطعة قماش مبللة لتحقيق ذلك (الشكل ب) .



الشكل (٧-١١)

٧-٧ مجمع السائل Accumulator

يوضع مجمع السائل بين المبخر والضاغط وذلك من أجل منع وصول السائل إلى الضاغط حيث يمكن أن يخرج من المبخر سائل في حالة الانخفاض المفاجئ لحمل التبريد وذلك قبل أن يتعدل وضع التشغيل لعنصر الخنق(مثل صمام التمدد الحراري) ويحدث تجمع لقطرات السائل في المجمع وتتبخر تدريجيا وذلك نتيجة لامتصاص الحرارة من جدران مجمع السائل وفي بعض الأنظمة يتم تمرير خط رفيع

من المكثف حول جدار مجمع السائل الأمر الذى يساعد في تبخير السائل المتجمع فيه وفي نفس الوقت يحدث تبريد زائد Sub Cool للبخار المار في المكثف ، والشكل (٧-١٢) يعرض قطاع في مجمع سائل

حيث أن :-

فتحة دخول بخار التبريد القادم من المبخر 1

فتحة الخروج للضاغط 2

فتحة إعادة الزيت للضاغط 3

سائل مركب التبريد الذى تم فصله 4

مسمار تبريد مجمع السائل 5

والجدير بالذكر أن الزيت المتجمع أسفل المجمع وكذلك قطرات سائل الفريون تدخل الفتحة 3 وتمر مع بخار الفريون الداخل للضاغط ولكن نظرا لأن قطرات السائل وقطرات الزيت التي تصل للضاغط من خلال هذه الفتحة تكون صغيرة لذلك فهي لا تضر بالضاغط.

الشكل (٧-١٢)

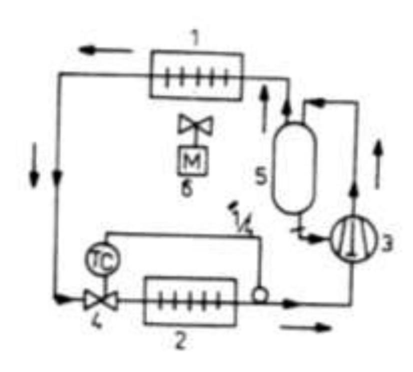
٧-٨ فاصل الزيت Oil Separator

من المعروف أن الزيت يعمل على تقليل الاحتكاك الناتج عن حركة الأجزاء المتحركة بالضاغط ونظرا لأن بعض قطرات الزيت تخرج من الضاغط مع مركب التبريد لذلك كان من الضروري إعادة هذا الزيت للضاغط وذلك لعدة أسباب وهم كما يلي :-

١- المحافظة على سلامة الضاغط من التآكل .

٢- وجود الزيت داخل دورة التبريد يقلل من كفاءة الدورة لأنه يقلل من الانتقال الحراري .

٣- انخفاض درجة حرارة الزيت إلى درجة تصل إلى – 40^0C ينتج عنه تحلل للزيت وتتكون مواد شمعية قد تؤدى لانسداد عنصر الخنق(مثل صمام التمدد الحراري) مما يؤدى لتعطل نظام التبريد.



الشكل (٧-١٣)

وعادة يتم تثبيت فاصل الزيت بين الضاغط والمكثف

ويعمل فاصل الزيت على فصل معظم الزيت الخارج من الضاغط وإعادته مرة أخرى لصندوق مرفق الضاغط والشكل (٧-١٣) يبين مخطط توصيل فاصل الزيت مع دورة التبريد .

حيث أن :-

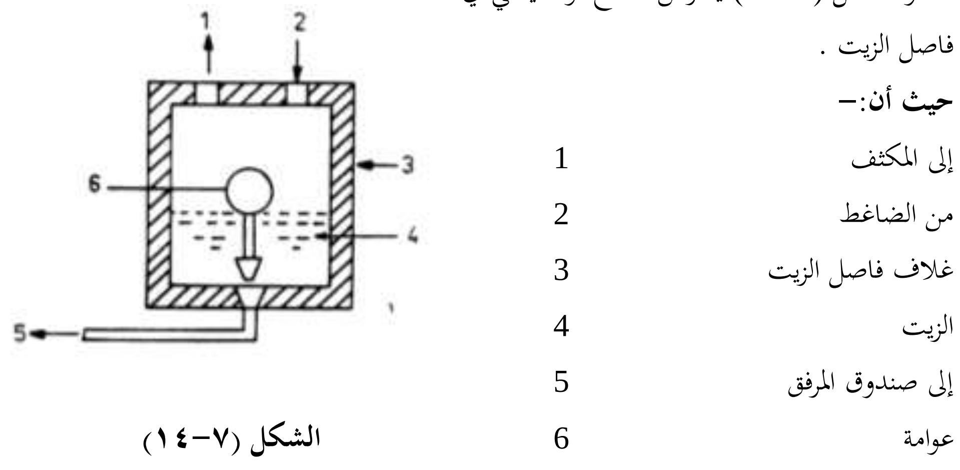
المكثف	1
المبخر	2
الضاغط	3
عنصر الخنق	4
المجمع	5

والجدير بالذكر أن فاصل الزيت يستخدم عند امتزاج الفريون مع الزيت مثل فريون R 12 وكذلك عند عمل وحدة التبريد عند درجات الحرارة المنخفضة عن 0^oC

والشكل (٧-١٤) يعرض قطاع توضيحي في فاصل الزيت .

حيث أن:-

إلى المكثف	1
من الضاغط	2
غلاف فاصل الزيت	3
الزيت	4
إلى صندوق المرفق	5
عوامة	6



الشكل (٧-١٤)

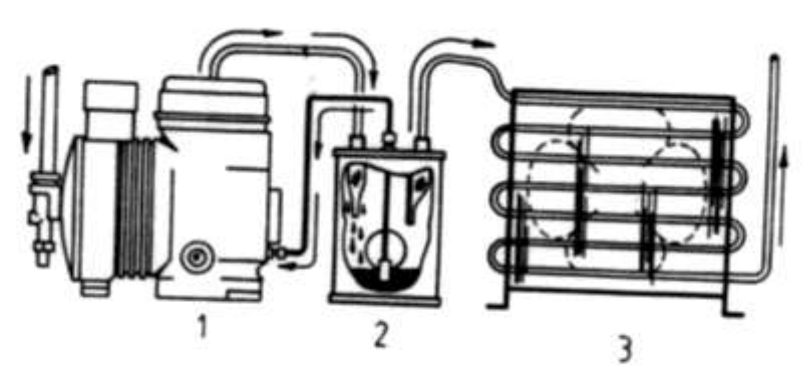
وعند دخول بخار الفريون الساخن إلى داخل فاصل الزيت تقل سرعة بخار الفريون نتيجة للحجم الكبير لفاصل الزيت الأمر الذى يؤدى إلى تساقط قطرات الزيت وتجمعها في قاع فاصل الزيت ويخرج بخار الفريون الساخن الخارج من فاصل الزيت إلى المكثف وفي نفس الوقت يندفع الزيت المتجمع أسفل فاصل الزيت إلى صندوق عمود مرفق الضاغط نظرا لأن الضغط داخل فاصل الزيت يكون أعلى من الضغط داخل صندوق مرفق الضاغط . والجدير بالذكر أنه يجب وضع فاصل الزيت في رأسي فإذا وضع فاصل الزيت في وضع غير رأسي فإن الصمام العوامي الموجود أسفل فاصل الزيت لن يعمل بطريقة صحيحة .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

والشكل (٧-١٥) يبين طريقة توصيل فاصل الزيت والضاغط والمكثف تبعا لتوصيات شركة (EI . du Pont Denemours & Co.)

حيث أن :-

الضاغط	1
فاصل الزيت	2
المكثف	3



الشكل (٧-١٥)

٧-٩ الصمامات اللا رجعية Check Valves



الشكل (٧-١٦)

الصمامات اللارجعية هي صمامات تسمح بمرور مركب التبريد في اتجاه ولا تسمح بمروره في الاتجاه الآخر . تستخدم الصمامات اللا رجعية عند وجود أكثر من ضاغط في دورة التبريد وكذلك الضواغط التي تعمل نجما-دلتا ، وكذلك عند استخدام أكثر من مبخر مع مكثف واحد لمنع تدفق مركب التبريد من المبخرات ذات الضغط العالي إلى المبخرات ذات الضغط المنخفض .

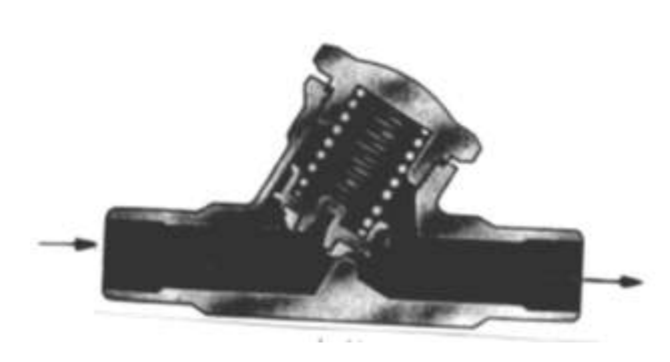
وتستخدم أيضا لمنع تدفق مركب التبريد في صمامات التمدد في اتجاه والسماح لمركب التبريد بالمرور في الاتجاه المعاكس وهناك نوعان من الصمامات اللا رجعية وهما :

١- صمام لا رجعي ببوابة متأرجحة Swing-Type

٢- صمام لا رجعي بياي Spring Check Valve

والشكل (٧-١٦) يعرض قطاع من صمام لا رجعي ببوابة متأرجحة من إنتاج شركة Carrier Co. .

والشكل (٧-١٧) يعرض قطاع في صمام لا رجعي من إنتاج شركة Supperior Valve Co. من النوع ذات الياي وهو



الشكل (٧-١٧)

يستخدم وعادة يتم توصيل الصمامات اللا رجعية بالتوازي مع الأنابيب الشعرية كما هو مبين بالشكل (٧-١٨) .

حيث أن :-

الأنبوبة الشعرية 1

الصمام اللا رجعي 2

الشكل (٧-١٨)

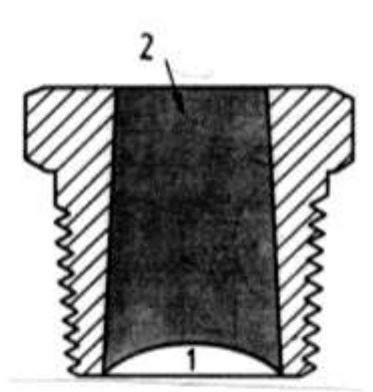
وبذلك يتدفق مركب التبريد في الماسورة الشعرية في الاتجاه المعاكس لاتجاه التدفق في الصمام اللارجعي في حين يمر في الصمام اللارجعي في الاتجاه الآخر.

٧-١٠ صمامات التصريف Pressure Releif Valve

عند ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط بأنظمة التبريد والتي قد تنتج عند حدوث الحرائق أو أي مشاكل أخرى فإن ذلك يؤدى إلى ارتفاع ضغط مركب التبريد داخل دورات التبريد لحد غير آمن قد يؤدى لانفجار دورة التبريد من أجل ذلك تستخدم صمامات التصريف لتصريف الضغط الزائد في دورة التبريد إلى الهواء الجوى مباشرة وعادة تركب صمامات الأمان إما في خزان السائل أو في المكثف وهناك ثلاثة أنواع من صمامات التصريف المستخدمة في دورات التبريد وهما :-

١- السدادة المنصهرة .

٢- القرص المنصهر.



الشكل (٧-١٩)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على
العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٣- صمام التصريف ذو الياي .

أولا السدادة المنصهرة Fusible Plug

وتشبه السدادة المنصهرة الطبة العادية المستخدمة في أعمال السباكة لغلق أحد الفتحات عدا أنه يتم ثقبها من المنتصف وملئ مكان الثقب بمعدن له درجة انصهار منخفضة تتراوح ما بين (70 : 100^0C) وعند هذه الدرجات يكون ضغط مركب التبريد في الدورة عالي جدا . فبمجرد ارتفاع درجة الحرارة فإن المكثف لن يتعرض لضغط أعلى من ضغط تشغيله حيث أن السدادة المنصهرة ستنصهر بسرعة قبل أن يحدث تلف في مواسير المكثف الضعيفة .

والشكل (٧-١٩) يعرض قطاع بسدادة منصهرة .

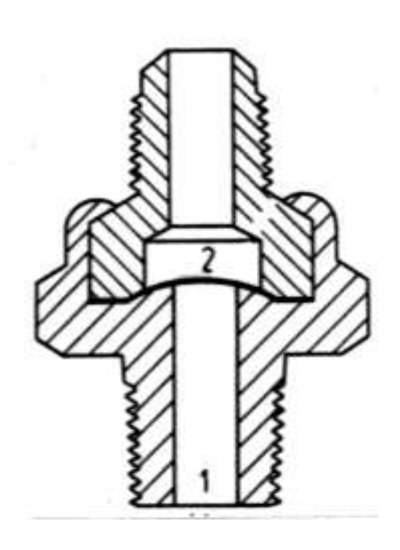
حيث أن :

المدخل (1)

مادة لها درجة حرارة انصهار منخفضة (2)

ثانيا القرص القابل للتهتك Rupture Disk

وتصنع هذه الأقراص من معدن رقيق قابل للتهتك عند ضغط محدد وهذه الأقراص تستخدم بدلا من أقراص تصريف الضغط حيث أنها رخيصة الثمن ويعاب عليها أنه عند ارتفاع ضغط دورة التبريد إلى قيمة الضغط الذى يحدث تهتك للقرص ينهار القرص فيخرج كل الفريون الموجود بدورة التبريد للخارج ولا يمكن الاحتفاظ بباقي شحنة مركب التبريد حتى ولو عاد الضغط في الدورة لوضعه الطبيعي والعيب الثاني هو أن القرص القابل للتهتك لا يمكن استخدامه في حالة وجود نبضات متكررة من الضغط



الشكل (٧-٢٠)

والشكل (٧-٢٠) يعرض قطاع بقرص قابل للتهتك .

حيث أن :

المدخل 1

قرص قابل للتهتك 2

ثالثا صمام تصريف الضغط Relief Valve

ويركب بداخل الضواغط المحكمة القفل داخليا لحمايتها من زيادة الضغط الناتج من الانسداد أو من ظروف التشغيل أو عند غلق صمام الخدمة وتشغيل الضاغط . ويوضع صمام تصريف الضغط أما في المكثف أو عند خزان السائل ويمتاز صمام التصريف بأنه قابل للمعايرة حيث يمكن ضبط الضغط الذى يفتح عنده صمام التصريف ليسمح بخروج غاز مركب التبريد إلى الهواء الجوى وعادة يتم توصيل فتحة تصريف صمام التصريف بخط تصريف خارج المبنى والشكل(٧-٢١) يعرض قطاع في صمام تصريف ضغط من إنتاج شركة (Superior Valve & Fittings Co.)

حيث أن :

غطاء الصمام	1
مسمار معايرة الضغط	2
مخرج الصمام (فتحة تصريف الضغط)	3
مدخل الصمام	4
مقعدة الصمام	5
وسيلة الصمام	6

الشكل (٧-٢١)

٧-١١ الصمامات اليدوية Manual Shut Off Valve

تعمل الصمامات اليدوية على إمكانية عزل أي جزء من دورة التبريد أثناء عمليات الصيانة ، وتتواجد الصمامات اليدوية في ثلاثة صور وهم :

١- صمامات يدوية بغشاء مرن Diaphragm Type

٢- صمامات يدوية بموانع تسريب Sealing Type

٣- صمامات يدوية كروية Ball Type

فالنوع الأول يستخدم عادة في أنظمة التبريد الصغيرة في حين يستخدم النوع الثاني والثالث في الأنظمة الكبيرة .

والشكل (٧-٢٢) يعرض قطاع في صمام يدوي بغشاء مرن .

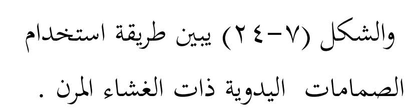
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

حيث أن :

مسمار	1,12	غطاء	6
وردة	2	قرص دفع	7
يد الصمام	3	الغشاء المرن	8
دليل	4	ياي	9
قلب الصمام	5	جسم الصمام	10
قافيز	11		

الشكل (٧-٢٢)

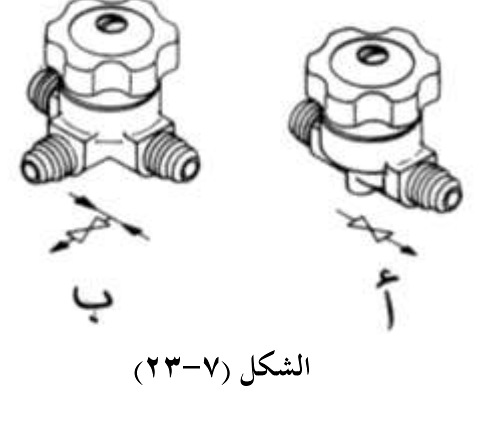
والشكل (٧-٢٣) يعرض نموذج لصمام يدوي بغشاء مرن عادى (الشكل أ) وآخر بفتحة خدمة (الشكل ب) من إنتاج شركة Danfoss.



والشكل (٧-٢٤) يبين طريقة استخدام الصمامات اليدوية ذات الغشاء المرن .

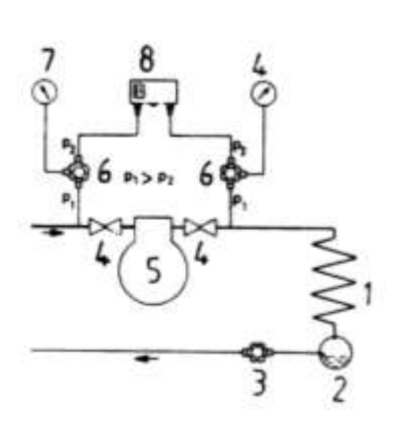


حيث أن :-



الشكل (٧-٢٣)

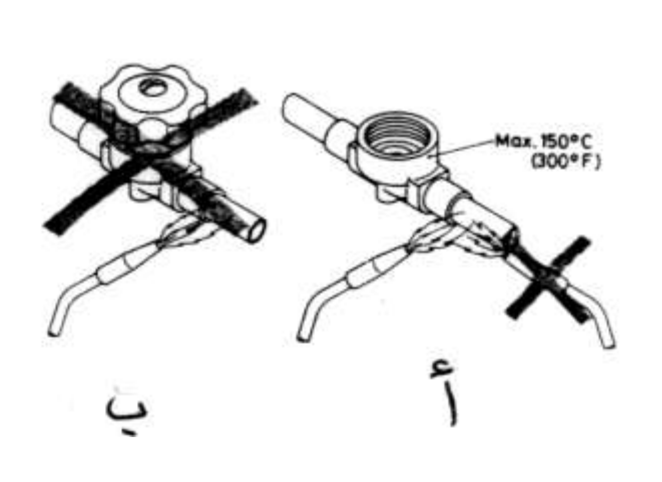
المكثف	1
خزان السائل	2
صمام يدوي عادى	3
صمامات خدمة الضاغط	4
الضاغط	5
صمامات يدوية بفتحة خدمة	6
عدادات ضغط	7
قاطع ضغط فرقي	8



الشكل (٧-٢٤)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

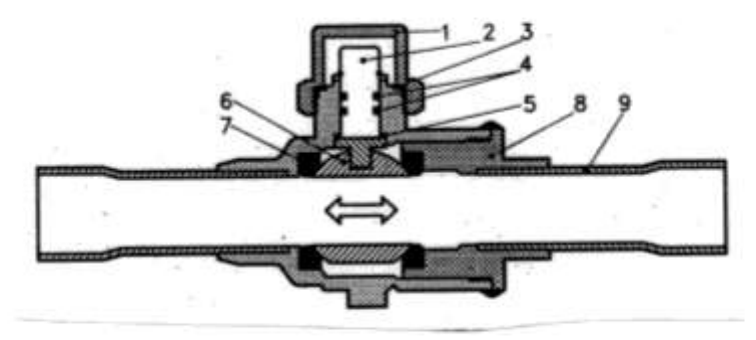
وينصح عند لحام الصمامات اليدوية ذات الغشاء مع دورة التبريد (الأنواع الغير مزودة بأطراف مقلوظة) أن يخرج قلب الصمام أثناء اللحام حتى لا تتلف الأجزاء الداخلية للصمام ويلاحظ أن أقصى درجة حرارة للجسم الخارجي للصمام أثناء اللحام



الشكل (٧–٢٥)

يجب إلا تتعدى 150°C وهذا مبين بالشكل (٧–٢٥) والجدير بالذكر أن التركيب الداخلي للصمامات اليدوية المزودة بموانع تسريب لا تختلف عن التركيب الداخلي لصمامات الخدمة .

والشكل (٧–٢٦) يعرض قطاع في صمام يدوي كروي وهو لا يختلف عن تركيب الصمامات اليدوية الكروية المستخدمة في أعمال سباكة المياه وتتميز هذه الصمامات بأنها تتحول من حالة الفتح لحالة الغلق الكامل بإدارة عمودها 90^0 درجة فقط .



الشكل (٧–٢٦)

محتويات الشكل :–

غطاء محكم القفل	1	كرة	6
عمود الصمام	2	مقعدة الصمام	7
جوان	3	جسم الصمام	8
حلقة على شكل حرف O	4	نهاية ممتدة	9

للوصول للفهرس اضغط على Ctrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

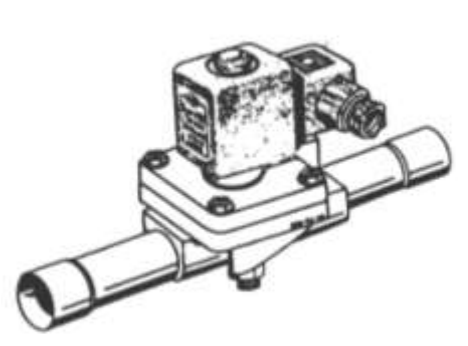
حلقة منزلقة 5

والجدير بالذكر أن كرة الصمام تحتوى بداخلها على فتحة فإذا كانت الفتحة في مقابلة مدخل ومخرج الصمام يكون الصمام في وضع مفتوح وإذا كانت فتحة الكرة في الاتجاه العمودي لمدخل ومخرج الصمام يكون الصمام في وضع مغلق.

٧-١٢ الصمامات الكهربية Solenoid Valves

الصمامات الكهربية هي صمامات يتم التحكم فيها بملف كهربي يوضع أعلى الصمام فعند وصول التيار الكهربي لملف الصمام يتغير وضع الصمام فإذا كان مفتوحا يصبح مغلقا والعكس .

والشكل (٧-٢٧) يعرض نموذج لصمام كهربي من إنتاج شركة Alco .



الشكل (٧-٢٧)

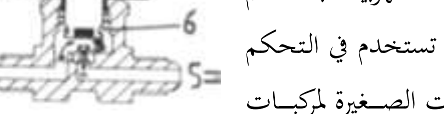
ويمكن تقسيم الصمامات الكهربية من حيث وضع الصمام إلى :-

١- صمامات كهربية في وضع ابتدائي مغلق NC

٢- صمامات كهربية في وضع ابتدائي مفتوح NO

ويمكن تقسيم الصمامات الكهربية من حيث نوعية التحكم فيها إلى :

١-صمامات كهربية بتحكم مباشر وهي تستخدم في التحكم في التدفقات الصغيرة لمركبات التبريد أو الماء .





الشكل (٧-٢٨)

٢-صمامات كهربية بتحكم غير مباشر وهي تستخدم للتحكم في التدفقات الكبيرة لمركبات التبريد أو الماء .

والشكل (٧-٢٨) يبين مخطط توضيحي لصمام كهربي بتحكم مباشر NO في وضع مفتوح الشكل (أ) وفي وضع مغلق (الشكل ب) بشركة (Parker Hannifin Co.) .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

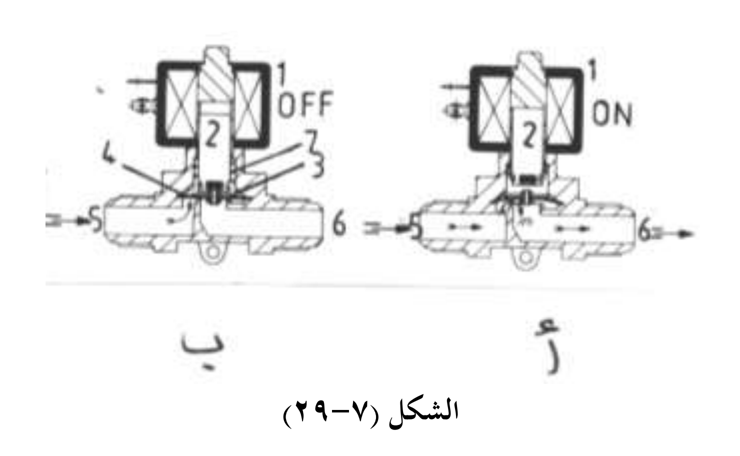
حيث أن :-

ملف الصمام	1
قلب الصمام(إبرة الصمام)	2
مقعدة الصمام	3
فتحة الدخول	4
فتحة الخروج	5
ياي إرجاع قلب الصمام	6

نظرية العمل :

عند وصول التيار الكهربي لملف الصمام يتكون مجال مغناطيسي قادر على جذب قلب الصمام لأعلى ضد قوة دفع الياي فتنكشف مقعدة الصمام ويتدفق سائل مركب التبريد من فتحة الدخول إلى فتحة الخروج (الشكل أ) وعند انقطاع التيار الكهربي عن ملف الصمام يختفي المجال المغناطيسي فيعود قلب الصمام لوضعه الطبيعي بفعل ياي الإرجاع وتغلق مقعدة الصمام وينقطع تدفق مركب التبريد (الشكل ب).

والشكل (٧-٢٩) يبين مخطط توضيحي لصمام كهربي بتحكم غير مباشر في وضع الفتح (الشكل أ) وفي وضع الغلق (الشكل ب) شركة (Parker Hannifin Co.)



الشكل (٧-٢٩)

حيث أن :

ملف الصمام	1	فتحة الدخول	5

قلب الصمام(إبرة الصمام)	2	فتحة الخروج	6
غشاء مرن عائم	3	ياي الإرجاع	7
فتحة معادلة	4		

نظرية العمل :-

عند وصول التيار الكهربي لملف الصمام يرتفع خابور الصمام لأعلى فتنكشف فتحة موجودة في مركز الغشاء المرن العائم فيتدفق مركب التبريد عبر كلا من فتحة المعادلة 4 ويعود إلى مخرج الصمام عبر الفتحة المركزية وبالتالي يقل الضغط أعلى الغشاء المرن العائم عن أسفله فيتقوس الغشاء لأعلى ويتدفق سائل مركب التبريد عبر الصمام (الشكل أ) وعند انقطاع التيار الكهربي عبر ملف الصمام تعود ابره الصمام لأسفل بفعل ياي الإرجاع فتتغطى الفتحة المركزية الموجودة في الغشاء المرن العائم في حين يتدفق مركب التبريد عبر فتحة المعادلة ويصبح الضغط أعلى الغشاء المرن مساويا الضغط أسفله فيهبط الغشاء العائم ليرتكز على مقعدته ويغلق الصمام .

٧-١٢-١ استخدامات الصمامات الكهربية

هناك عدة استخدامات للصمامات الكهربية في دورات التبريد نذكر منها ما يلي:

١- توضع الصمامات الكهربية في دورة التبريد بين الخزان وعنصر التحكم في التدفق (صمام التمدد) ويسمى الصمام في هذه الحالة بصمام السائل Liquid Solenoid Valve (LSV) ويستخدم صمام السائل في نقل مركب التبريد من خط سحب الضاغط إلى خزان السائل بالطريقة التالية Pump Down :-

أ-عندما تصل درجة حرارة حيز التبريد لدرجة حرارة قطع الثرموستات ينقطع التيار الكهربي عن ملف صمام السائل LSV فيعود الصمام لوضع الغلق .

ب-يظل الضاغط يعمل فينخفض الضغط في جانب سحب الضاغط ويحدث بخر لجميع السائل الموجود في خط السحب .

ج-عند وصول خط سحب الضاغط لحوالي 0 bar يعمل قاطع الضغط المنخفض فينقطع التيار الكهربي عن الضاغط ويتوقف الضاغط .

وبذلك يكون كل مركب التبريد قد انتقل من جانب السحب للضاغط إلى الخزان وهذا يمنع ذوبان الزيت في سائل مركب التبريد ويمنع الضاغط من البدء مع وجود ضغط سحب عالي الأمر الذى قد يؤدى لزيادة حمل الضاغط واحتراق غير مباشر للمحرك بفعل التشغيل والفصل .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

والشكل (٧-٣٠) يعرض دورة تبريد لأحد غرف التبريد التجارية يستخدم فيها صمام سائل .

حيث أن :

مكثف	1
ضاغط	2
قاطع الضغط المنخفض	3
المبخر	4
صمام التمدد الحراري	5
صمام السائل	6
خزان السائل	7
مروحة المكثف	8

الشكل (٧-٣٠)

٢- تستخدم الصمامات الكهربية في عمل مسار بديل للغاز الساخن وذلك للتحكم في السعة التبريدية للوحدة حيث يوضع الصمام الكهربي في المسار البديل الذى يعمل على توصيل خط الغاز الساخن الداخل للمبخر مع خط طرد الضاغط وذلك من أجل تقليل السعة التبريدية للوحدة،

والشكل (٧-٣١) يبين طريقة توصيل صمام الغاز الساخن بعمل مسار بديل للغاز الساخن .

حيث أن :-

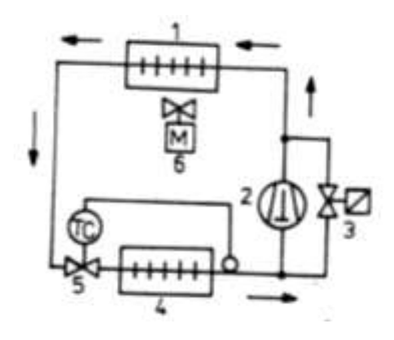
المكثف	1
الضاغط	2
المبخر	3
صمام التمدد الحراري	4
صمام الغاز الساخن	5
مروحة المكثف	6

الشكل (٧-٣١)

٣- تستخدم الصمامات الكهربية في عمل مسار بديل للضاغط أثناء بدء دوران الضاغط يبدأ حركته بدون حمل كما بالشكل (٧-٣٢) .

والجدير بالذكر أنه ينصح بوضع مرشح/مجفف قبل الصمام الكهربي

لمنع وصول أي شوائب إلى الصمام والتي قد تؤدى لانسداد الصمام .،ويمكن التأكد من وصول التيار الكهربي لملف الصمام بوضع المفك بجوار القلب المغناطيسي للملف فإذا أنجذب الملف دل على وصول تيار كهربي للملف .



الشكل (٧-٣٢)

٧-١٢-٢ أعطال الصمامات الكهربية

الجدول (٧-١) يعرض أعطال الصمامات الكهربية وأسبابها المحتملة وطرق إصلاحها.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الجدول (٧-١)

العطل	الأسباب	العلاج
الصمام لا يفتح .	١-خابور الصمام لاصق بواسطة الزيت أو أجسام صلبة. ٢-جسم الصمام ملتو(مفتول). ٣-ملف الصمام محترق. ٤-وصلات كهربية خاطئة. ٥-ضغط مركب التبريد عالي.	١-فك الصمام ونظفه. ٢-استبدل جسم الصمام. ٣-ابحث عن سبب حرق ملف الصمام واستبدل الملف واستبدل الياي . ٤-افحص الوصلات الكهربية وطابقها مع الدائرة الكهربية. ٥-ابحث عن سبب زيادة ضغط مركب التبريد عن المعتاد وعالجه.
الصمام لا يغلق .	١-خابور الصمام ملتصق بواسطة الزيت أو أجسام صلبة ٢- الياي مكسور أو ملتصق. ٣-وصلات كهربية خاطئة .	١-فك الصمام ونظفه . ٢-فك الصمام واستبدال الياي . ٣- افحص الوصلات الكهربية وطابقها مع الدائرة الكهربية .
الصمام يغلق ولكن تدفق الفريون مازال مستمرا .	١-يوجد بعض الشوائب تحت مقعدة الصمام . ٢-المقعدة تالفة أو عنصر الغلق تالف.	١-فك الصمام ونظفه . ٢-استبدل العناصر التالفة.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

تابع الجدول (٧-١)

العطل	الأسباب	العلاج
صوت ضوضاء تصدر من الصمام .	١-تجمع غير صحيح. ٢-ضوضاء من مركب التبريد. ٣-يتبخر بخار الفريون في خط السائل. ٤-طنين كهربي .	١-تأكد من أن تجميع الصمام صحيح. ٢-ركب كاتم الصوت في خط طرد الضاغط. ٣-افحص شحنة التبريد بالاستعانة بزجاجة البيان والمرشح/المجفف الموجود في خط السائل واستخدم صمام تنظيم ضغط المكثف إن لزم الأمر. ٤-افحص جلب الملف الكهربي وتأكد من تجميعها الصحيح وأيضا من النظافة الخارجية للصمام.
احتراق ملف الصمام .	١-وصول جهد عالي أو منخفض للصمام . ٢-توصيل خاطئ . ٣-دخول رطوبة لملف الصمام.	١-افحص جهد المصدر وأزل أسباب انخفاض أو ارتفاع الجهد واستبدل ملف الصمام والياي . ٢-افحص الوصلات الكهربية واعمل اللازم لمطابقة الدائرة الكهربية. ٣-استبدل ملف الصمام والياي واعمل اللازم لمنع دخول الرطوبة لداخل ملف الصمام .

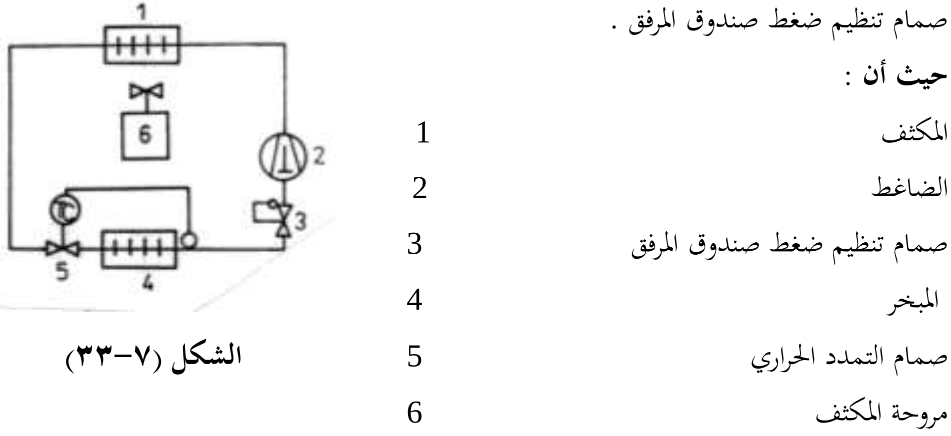
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

تابع الجدول (٧-١)

العطل	الأسباب	العلاج
	٤-التصاق أو زرجنة خابور الصمام.	٤-فك الصمام ونظفه قبل استبدال الملف.

٧-١٣ صمام تنظيم ضغط صندوق المرفق(C PR)

يمنع هذا الصمام الارتفاع المفرط في ضغط خط السحب للضاغط لأن ارتفاع ضغط خط السحب يسبب مشكلة كبيرة عند بدء الضاغط فبعد فترة توقف طويلة أو بعد انتهاء عملية إذابة الصقيع فإن حمل المبخر سيكون عاليا وبالتالي فإن الضاغط سيواجه مشكلة ارتفاع ضغط خط السحب وزيادة الفريون في خط السحب والنتيجة هو ضخ كمية أكبر بخار الفريون وهذا سيؤدى لزيادة تيار تشغيل الضاغط الأمر الذى قد يسبب تلف محرك الضاغط ، وفي حالة وجود صمام تنظيم ضغط صندوق المرفق CPR فإنه يعمل على غلق صمام سحب الضاغط عند ارتفاع ضغط سحب الضاغط ومن ثم يمنع زيادة الحمل على الضاغط .والشكل(٧-٣٣) يبين موضع صمام تنظيم ضغط صندوق المرفق .



الشكل (٧-٣٣)

حيث أن :

المكثف 1

الضاغط 2

صمام تنظيم ضغط صندوق المرفق 3

المبخر 4

صمام التمدد الحراري 5

مروحة المكثف 6

والشكل (٧-٣٤) يعرض صورة لصمام تنظيم ضغط صندوق عمود المرفق CPR من إنتاج شركة Sporlan Valve Co.

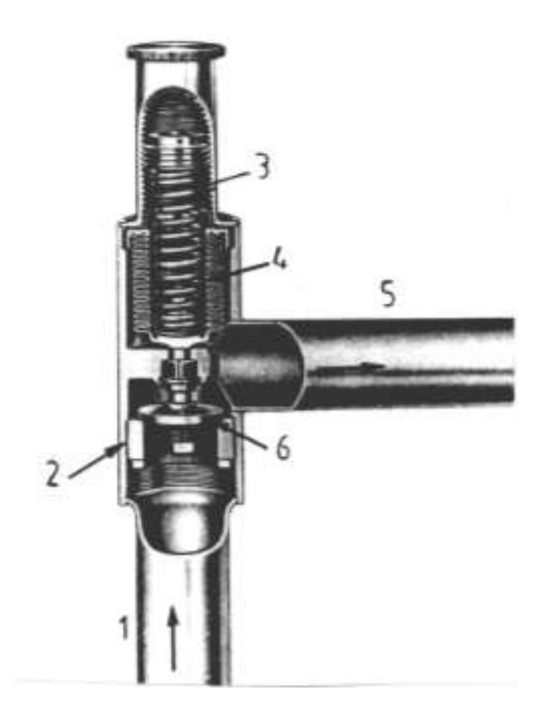
حيث أن :-

فتحة دخول 1

مقعدة الصمام 2

ياي معايرة الضغط	3
منفاخ معادلة الضغط	4
فتحة الخروج	5
قرص إحكام	6

ويفتح منظم ضغط صندوق المرفق عند انخفاض الضغط في مخرج المنظم بمعنى أنه عند انخفاض ضغط خط سحب الضاغط عن القيمة المعاير عليها الصمام أي أن الضغط عند مخرج الصمام يتحكم في نسبة فتح الصمام في حين أن التغيرات التي تحدث في الضغط عند مدخل الصمام لا تؤثر في درجة فتح الصمام وذلك لأن منفاخ معادلة الضغط له مساحة فعالة تقابل مقعدة الصمام . كما أن الصمام مزود بعنصر تخميد لخمد قفزات الضغط التي تحدث داخل دورة التبريد ومن ثم يساعد على استمرار عمل منظم ضغط المبخر لمدة طويلة بدقة عالية



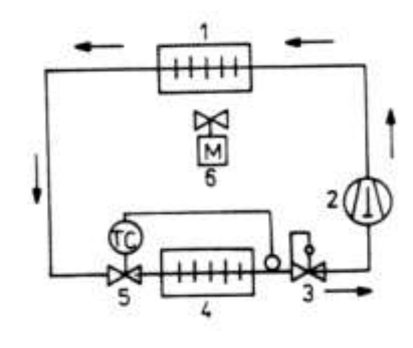
الشكل (٧-٣٤)

٧-١٤ صمام تنظيم ضغط المبخر (E PR)

الشكل (٧-٣٥) يبين موضع صمام تنظيم ضغط المبخر في دورة تبريد بمبخر واحد .

حيث أن :

المكثف	1
الضاغط	2
صمام تنظيم ضغط المبخر	3
المبخر	4
صمام التمدد الحراري	5

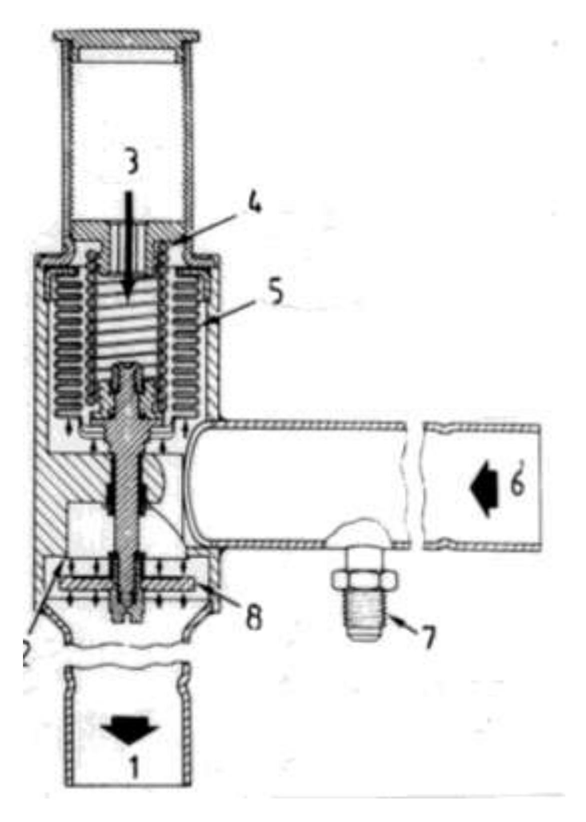


الشكل (٧-٣٥)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

مروحة المكثف 6

والشكل (٧-٣٦) يعرض قطاع في صمام تنظيم ضغط المبخر من إنتاج شركة (Sporlan Valve Co.) .



حيث أن :-

فتحة خروج الصمام 1

مقعدة الصمام 2

قوى الياي 3

ياي الضبط والمعايرة 4

منفاخ معادلة الضغط 5

فتحة الدخول 6

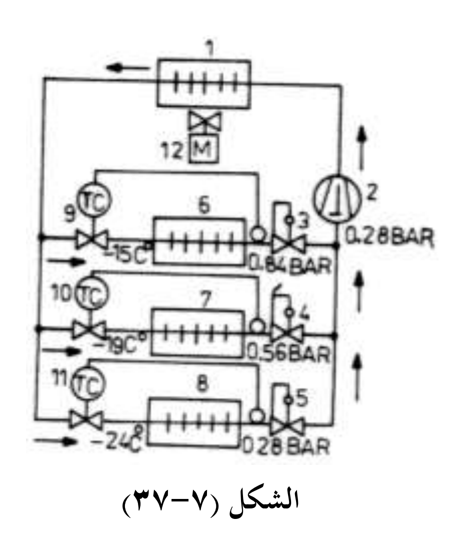
فتحة إضافية بالصمام 7
تمكن من ضبط الضغط المطلوب داخل المبخر بواسطة عداد ضغط .

قرص المقعدة 8

الشكل (٧-٣٦)

ويفتح منظم ضغط المبخر عند زيادة الضغط عند مدخل الصمام أي عند جاوز ضغط المبخر قيمة الضغط المعاير عليه الصمام أي أن عمل منظم ضغط المبخر يعتمد مباشرة على ضغط دخل المنظم في حين أن التغيرات التي تحدث في الضغط عند مخرج الصمام لا تؤثر في درجة فتح الصمام وذلك لأن منفاخ معادلة الضغط له مساحة فعالة تقابل مقعدة الصمام . كما أن الصمام مزود بعنصر تخميد لخمد قفزات الضغط التي تحدث داخل دورة التبريد ومن ثم يساعد على استمرار عمل منظم ضغط المبخر لمدة طويلة بدقة عالية . ويستخدم صمام تنظيم ضغط المبخر في أنظمة التبريد ذات المبخرات المتعددة كما بالشكل (٧-٣٧)

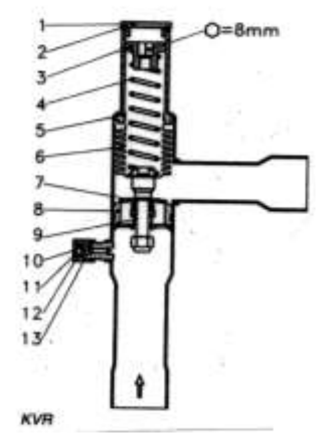
حيث أن :-



الشكل (٧-٣٧)

مكثف	1
ضاغط	2
صمام تنظيم ضغط المبخر(0.84 bar)	3
صمام تنظيم ضغط المبخر(0.56 bar)	4
صمام تنظيم ضغط المبخر(0.28 bar)	5
مبخر درجة حرارته -15^0C	6
مبخر درجة حرارته -19^0C	7
مبخر درجة حرارته -24^0C	8
صمامات تمدد حرارية	9,10,11
مروحة مكثف	12

وفي هذه الحالة نلاحظ أن ضغط سحب الضاغط يكافئ ضغط المبخر الذى له أدنى درجة حرارة (0.2 bar) إما باقي المبخرات فيكون ضغطها أعلى من ضغط سحب الضاغط ويقوم كل صمام تنظيم ضغط بالمحافظة على ضغط المبخر الخاص به ومن ثم المحافظة على درجة حرارة المبخر عند الدرجة المطلوبة. والجدير بالذكر أن منظم ضغط المبخر يستخدم أيضا مع برادات الماء ذات السعات الكبيرة لمنع حدوث تجمد للماء .



الشكل (٧-٣٨)

٧-١٥ صمام تنظيم ضغط المبخر الذى يبرد بالهواء

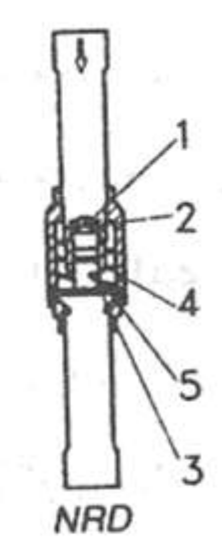
يمكن تنظيم ضغط المكثف الذى يبرد بالهواء أما كهربيا وذلك بالتحكم في تشغيل وفصل مراوح المكثف تبعا لضغطه ، حيث تعمل المراوح عند زيادة ضغط المكثف وتتوقف المراوح عند انخفاض ضغط المكثف ، أو ميكانيكيا باستخدام صمامين وهما :-

١- منظم ضغط المكثف Condensing Pressure Regulator
٢- صمام الضغط الفرقي Pressure Differential Valve

وعادة ينخفض ضغط المكثف في أيام الشتاء الباردة . والشكل (٧-٣٨) يعرض قطاع في منظم ضغط المكثف من صناعة شركة Danfoss

حيث أن :-

غطاء فتحة ضبط الصمام	1
جوان	2
مسمار المعايرة	3
الياي الرئيسي	4
جسم الصمام	5
منفاخ المعادلة	6
لوح الصمام	7
مقعدة الصمام	8
عنصر الإخماد	9
فتحة توصيل عداد الضغط	10
غطاء	11
جوان	12
إبرة	13

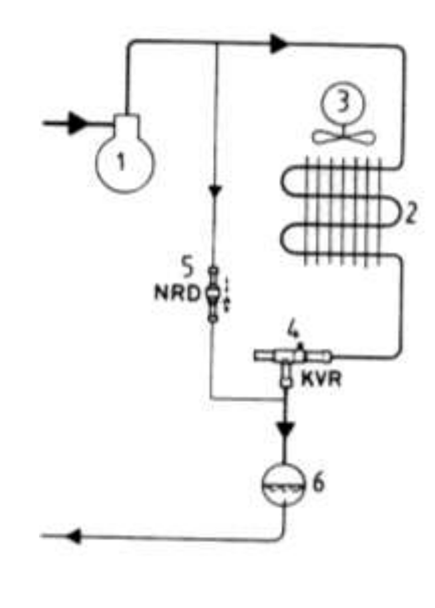


الشكل (٧-٣٩)

والشكل (٧-٣٩) يعرض قطاع في صمام ضغط فرقى من إنتاج شركة Danfoss

حيث أن:-

مكبس	1
جسم الصمام	4
لوح الصمام	2
ياي	5
دليل المكبس	3



الشكل (٧-٤٠)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

والشكل (٧-٤٠) يبين طريقة توصيل منظم ضغط المكثف وصمام الضغط الفرقي في دورة التبريد .

حيث أن :

الضاغط	1
المكثف	2
مروحة المكثف	3
منظم ضغط المكثف	4
صمام الضغط الفرقي	5
خزان السائل	6

نظرية التشغيل :

فعند انخفاض ضغط المكثف عن القيمة المعاير عليها منظم ضغط المكثف يكون المنظم في وضع شبه مغلق أي يعمل على خنق تدفق مركب التبريد فيزداد الضغط تدريجيا داخل المكثف وصولا للضغط المعاير عليه منظم ضغط المكثف فينفتح المنظم وصولا للوضع المناسب وعندما يزداد فرق الضغط بين مدخل ومخرج منظم ضغط المكثف يفتح صمام الضغط الفرقي ليسمح بمرور مركب التبريد إلى الخزان ويكون الصمام مفتوح لأقصى درجة ممكنة عند وصول فرق الضغط إلى 3 bar .

الشكل (٧-٤١)

٧-١٦ صمامات الماء للمكثفات المائية Condenser Water Temp. Valves

في الأنظمة التي تحتوى على مكثف مائي (يتم تبريده بالماء) يستخدم صمام ماء للتحكم في تدفق ماء تبريد المكثف المائي تبعا للحمل حيث يعمل على زيادة تدفق ماء التبريد عند زيادة الحمل والعكس صحيح ، ويوجد ثلاثة أنواع من صمامات ماء المكثفات المائية وهم :-

١- صمام ماء يعمل بالضغط Pressure Control Water Valve

٢- صمام ماء كهربي Water Solenoid Valve

٣- صمام ماء حراري Thermostatic Water Valve

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

أولا صمام الماء الذي يعمل بالضغط :-

الشكل (٧-٤١) يبين طريقة استخدام صمام الماء الذى يعمل بالضغط في تنظيم درجة حرارة ماء تبريد مكثف الماء .

حيث أن :

الضاغط 1

المبخر 2

صمام التمدد الحراري 3

مكثف مائي 4

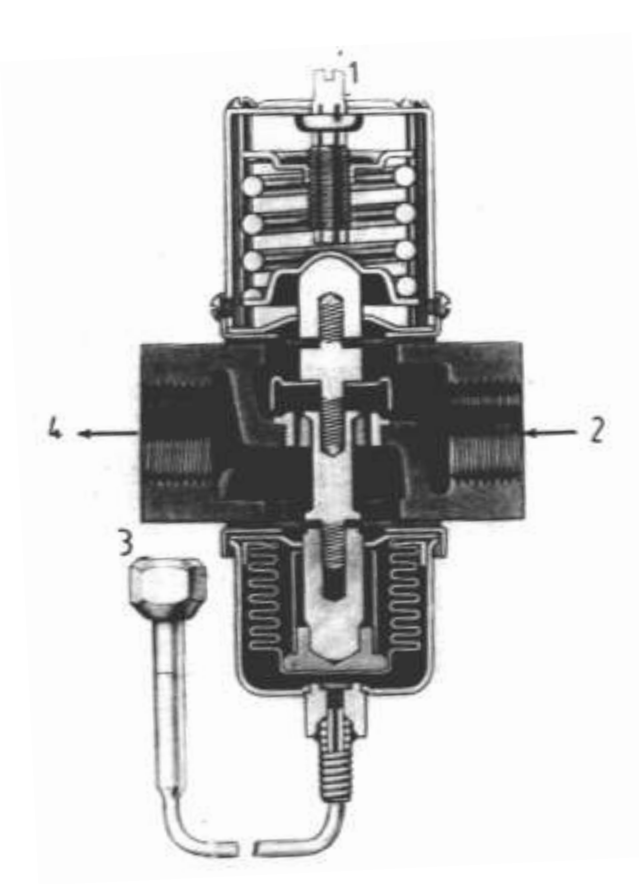
صمام ماء يعمل بضغط مركب التبريد 5

اتجاه تدفق ماء التبريد 6

ويتحكم صمام الماء في تدفق ماء التبريد الخارج من وحدة التكثيف المائية للحفاظ على ضغط التكثيف عند الضغط المضبوطة عليه الصمام فكلما زاد ضغط مركب التبريد الداخل للمكثف عن الضغط المعاير عليه صمام الماء ازدادت نسبة فتح الصمام وازداد معدل التدفق والعكس صحيح .

وعند توقف الضاغط يتناقص ضغط التكثيف بشكل سريع ويقوم الصمام بغلق تدفق ماء التبريد كليا .

والشكل (٧-٤٢) يعرض قطاع في صمام ماء يعمل بالضغط من إنتاج شركة (Johnson Controls Inc.) .



الشكل (٧-٤٢)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

حيث أن :-

مكان معايرة ضغط الصمام 1

مدخل الماء 2

مدخل الضغط العالي لمركب التبريد 3

مخرج الماء 4

والجدول (٧-٢) يعرض الأعطال الناتجة عن وجود خلل في صمام الماء الذى يعمل بالضغط وأسبابها وطرق إصلاحها.

الجدول (٧-٢)

العطل	الأسباب المحتملة	الإصلاح
كمية الماء المتدفق غير كافية لتبريد المكثف الأمر الذى يؤدى إلى ارتفاع ضغط المكثف .	١-ضبط خاطئ للصمام. ٢-مصفاة دخول الصمام مسدودة . ٣-تجمع أوساخ على مقعدة الصمام أو إبرة الصمام. ٤-تلف الغشاء المطاطي. ٥-انخفاض ضغط الماء.	١-أعد ضبط الصمام. ٢-نظف مصفاة دخول الصمام. ٣-فك الصمام ونظفه أو استبدله. ٤-استبدل الصمام. ٥-ابحث عن سبب انخفاض ضغط الماء وعالجه.
زيادة معدل تدفق الماء الأمر الذى يؤدى إلى انخفاض ضغط المكثف .	١-ضبط خاطئ للصمام. ٢-زيادة ضغط الماء . ٣-تراكم القاذورات على مقعدة الصمامات وإبرة الصمام . ٤-تآكل إبرة الصمام أو مقعدة الصمام. ٥-انكسار ياي غلق الصمام .	١- أعد ضبط الصمام . ٢- قلل ضغط الماء . ٣- نظف الصمام . ٤- يستبدل الصمام . ٥- يستبدل الياي أو يستبدل الصمام .

العطل	الأسباب المحتملة	الإصلاح
عدم انقطاع تدفق الماء عند توقف الضاغط .	١-زرجنة إبرة الصمام على وضع فتح نتيجة لتراكم الأوساخ على الإبرة أو مقعدة الصمام.	١-يفك الصمام وينظف.
	٢-انكسار ياي غلق الصمام.	٢-يستبدل الياي أو الصمام .
	٣-تآكل إبرة الصمام أو مقعدة الصمام.	٣- يستبدل الصمام .

وعادة يتم ضبط هذا الصمام ليحافظ على قيمة الزيادة في درجة حرارة ماء تبريد المكثف مساوية 5.5^oC ويكون معدل تدفق الماء مساويا إحدى عشر لتر في الدقيقة لكل طن تبريد11 L/min/ton

ثانيا صمامات الماء الكهربية :-

لا تختلف صمامات الماء الكهربية عن الصمامات الكهربية التي تناولناها في الفقرة ٧-١٢ سوى في السعة فهي تتميز بأنها ذات سعات عالية وعادة تكون من النوع المزود بغشاء مرن .

ثالثا صمامات الماء الحرارية :-

لا تختلف صمامات الماء الحرارية في التركيب عن صمامات الماء التي تعمل بالضغط سوى أنه يستبدل خط الضغط الذى يوصل بمدخل المكثف ببصيلة متصلة بأنبوبة شعرية توضع عند خط خروج ماء التبريد من الصمام كما بالشكل(٧-٤٣)

حيث أن :

الضاغط 1

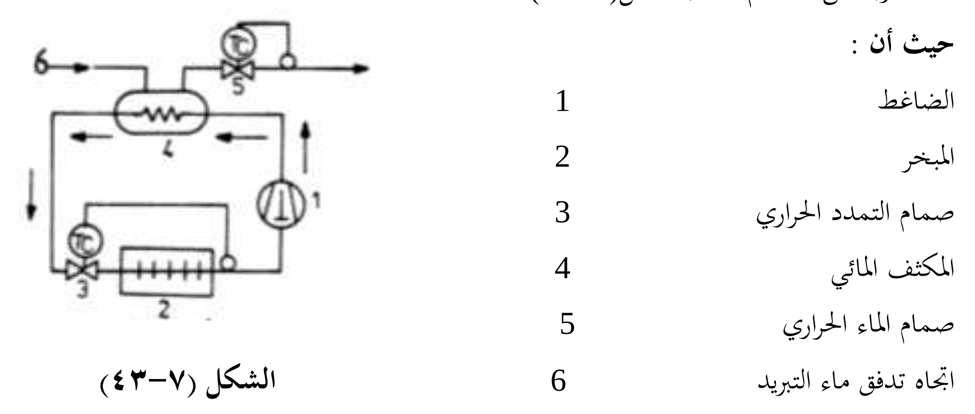
المبخر 2

صمام التمدد الحراري 3

المكثف المائي 4

صمام الماء الحراري 5

اتجاه تدفق ماء التبريد 6



الشكل (٧-٤٣)

فكلما ارتفعت درجة حرارة الماء الخارج من صمام الماء الحراري تزداد نسبة فتح الصمام والعكس بالعكس ومن ثم يحافظ على فرق درجات حرارة الخروج والدخول لماء التبريد لا تتجاوز 5.5^oC

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

والشكل (٧-٤٤) يعرض قطاع في صمام ماء حراري من إنتاج شركة Danfoss .

حيث أن :

مكان معايرة الصمام	1
بيت الياي	2
حلقة على شكل O للإحكام	5
غشاء مرن	7
مخروط الصمام	8
ذراع الضغط	9
منفاخ	10
عنصر إيقاف المنفاخ	11
البصيلة الحساسة	12
جلاند الأنبوبة الشعرية	15
صامولة المعايرة	16
ياي المعايرة	26
عمود الصمام	27
جسم الصمام	30

الشكل (٧-٤٤)

نظرية العمل :-

عند ارتفاع درجة حرارة الماء الخارج من صمام الماء الحراري يزداد ضغط مركب التبريد الموجود في البصيلة الحساسة فينتقل هذا الضغط إلى المنفاخ ومنه تنتقل الحركة إلى عمود الصمام ومخروط الصمام وياي معايرة الصمام فيزداد نسبة فتح الصمام ويزداد تدفق ماء تبريد المكثف . وعند انخفاض درجة حرارة الماء الخارج من الصمام ينخفض ضغط **مركب التبريد الموجود داخل بصيلة الصمام ومن ثم يقل الضغط الواقع على المنفاخ فتصبح القوة المعاكسة لياي المعايرة أكبر من قوة دفع المنفاخ ويتراجع عمود الصمام ومخروط الصمام لأسفل وتقل نسبة فتح الصمام وهكذا.**

٧-١٧ منظم السعة (منظم الغاز الساخن) Hot Gas by Pass Regulator

يقوم منظم الغاز الساخن بتحديد ضغط الغاز الساخن المار في المسار البديل بحيث لا يقل ولا

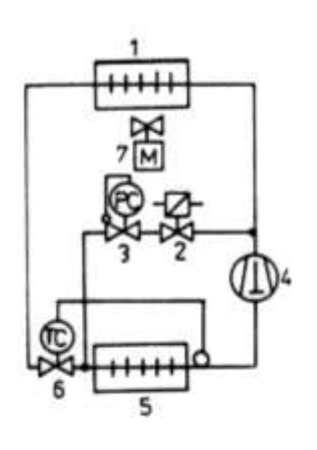
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

يزيد عن القيمة المعاير عليها الصمام وبهذه الطريقة يعمل على تنظيم تدفق الغاز الساخن الخارج من الضاغط والمتجه لخط سحب المبخر ، ويجب ضبط منظم الغاز الساخن عند ضغط يوافق المبخر .

والشكل (٧-٤٥) يوضح موضع منظم الغاز الساخن .

حيث أن :

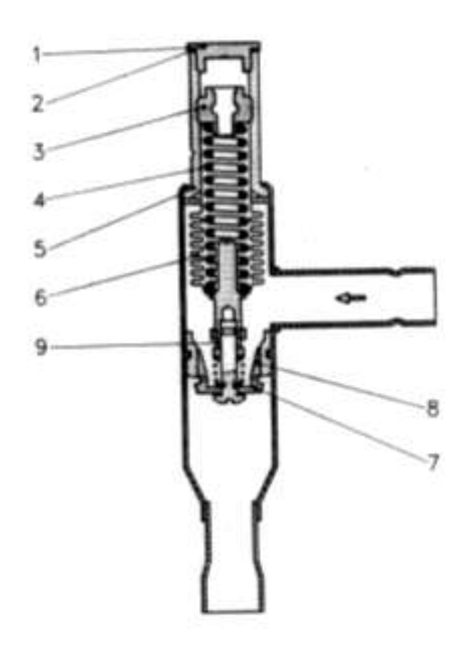
المكثف	1
صمام كهربي	2
منظم السعة	3
الضاغط	4
المبخر	5
صمام تمدد حراري	6
مروحة المكثف	7



الشكل (٧-٤٥)

والشكل (٧-٤٦) يعرض قطاع لمنظم الغاز الساخن (منظم السعة) من إنتاج شركة Danfoss ، **حيث أن:**

غطاء المنظم	1
جوان	2
مسمار الضبط والمعايرة	3
الياي الرئيسي	4
جسم الصمام	5
منفاخ معادلة	6
لوح الصمام	7
مقعدة الصمام	8
عنصر تخميد	9



الشكل (٧-٤٦)

نظرية العمل :

يفتح منظم السعة عند انخفاض الضغط عند مخرج المنظم (عند انخفاض ضغط المبخر عن القيمة المعاير عليها المنظم) . علما بأن التغيرات في ضغط دخل المنظم لا تؤثر على نسبة فتح المنظم حيث أن المنظم مزود بمنفاخ معادلة له مساحة فعاله تقابل مقعدة المنظم كما أن المنظم مزود بعنصر تخميد لخمد قفزات الضغط التي تحدث في نظام التبريد ومن ثم تحافظ على الصمام مدة طويلة للعمل بدقة عالية ، والجدول (٧-٣) يبين أعطال منظمات الغاز الساخن وأسبابها وطرق إصلاحها .

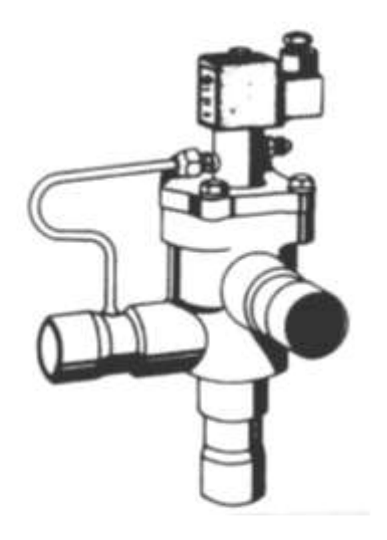
الجدول (٧-٣)

العطل	الأسباب المحتملة	طرق الإصلاح
المنظم لا يفتح	١-التصاق خابور المنظم مع قاعدة المنظم بالشمع أو القاذورات أو الزيت. ٢-ضبط خاطئ للمنظم. ٣-انكسار أحد يايات المنظم. ٤-انسداد مدخل أو مخرج المنظم.	١-فك المنظم ونظفه مع تنظيف مرشح المدخل. ٢-أعد ضبط المنظم. ٣-يستبدل الياي المكسور أو يستبدل المنظم. ٤-فك المنظم واغسله باستخدام R 11 .
المنظم لا يغلق	١-التصاق خابور المنظم بالشمع أو القاذورات أو الزيت عند وضع فتح معين . ٢-انكسار الياي العلوي للمنظم . ٣-ضبط خاطئ للمنظم .	١-فك المنظم ونظفه. ٢-يستبدل الياي العلوي أو المنظم بأكمله. ٣-يعاد ضبط المنظم .

٧-١٨ صمام استرداد الحرارة Heat Reclaim Valve

الشكل (٧-٤٧) يعرض نموذج لصمام استرداد الحرارة من إنتاج شركة Alco .

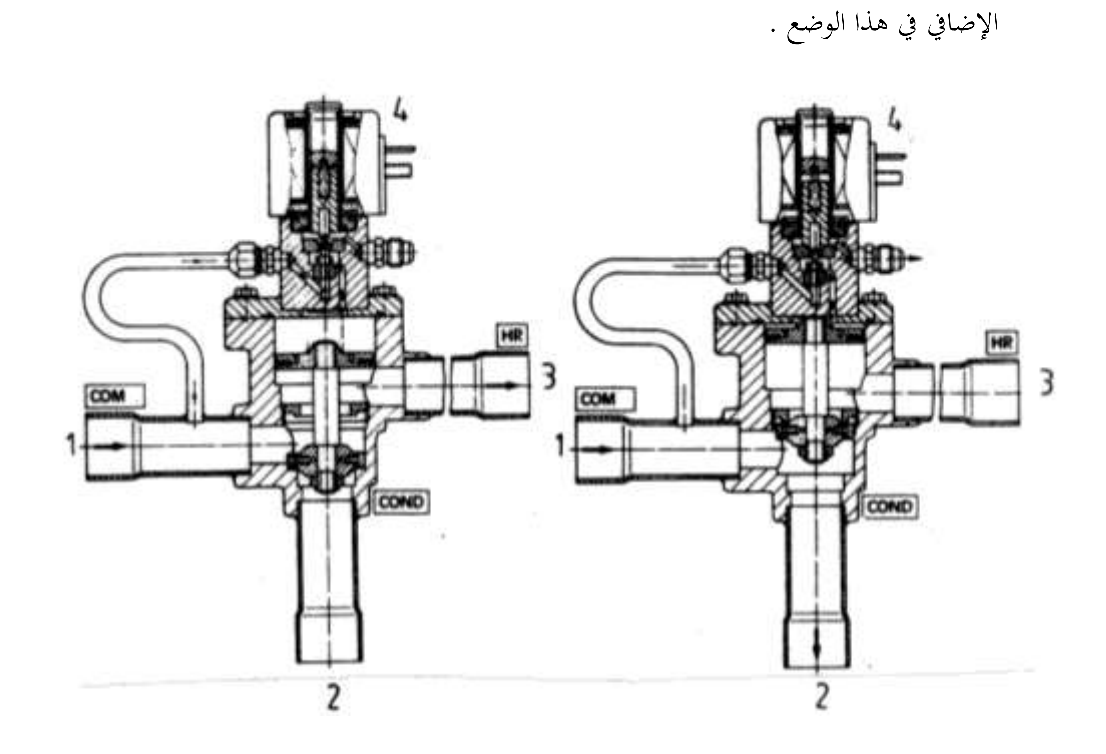
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.



الشكل (٧-٤٧)

ويستخدم صمام استرداد الحرارة عند الحاجة لاستخدام بخار مركب التبريد الساخن الخارج من الضاغط في تسخين المنشآت بدلا من تبريدها ويكثر استخدام صمام استرداد الحرارة في المجمعات التجارية (السوبر ماركتات) .

والشكل (٧-٤٨) يعرض قطاعين في صمام استرداد الحرارة من صناعة شركة Alco في وضعين وهما وضع انقطاع التيار الكهربي عن ملف الصمام (الشكل أ) وفيه يمر بخار مركب التبريد الساخن ،يخرج من الضاغط ويتوجه إلى المكثف عبر الصمام في هذا الوضع . وكذلك وضع الصمام عند توصيل التيار الكهربي لملف الصمام (الشكل ب) وفيه يمر بخار مركب التبريد الساخن ، يخرج من الضاغط ويتوجه إلى ملف التسخين الإضافي في هذا الوضع .



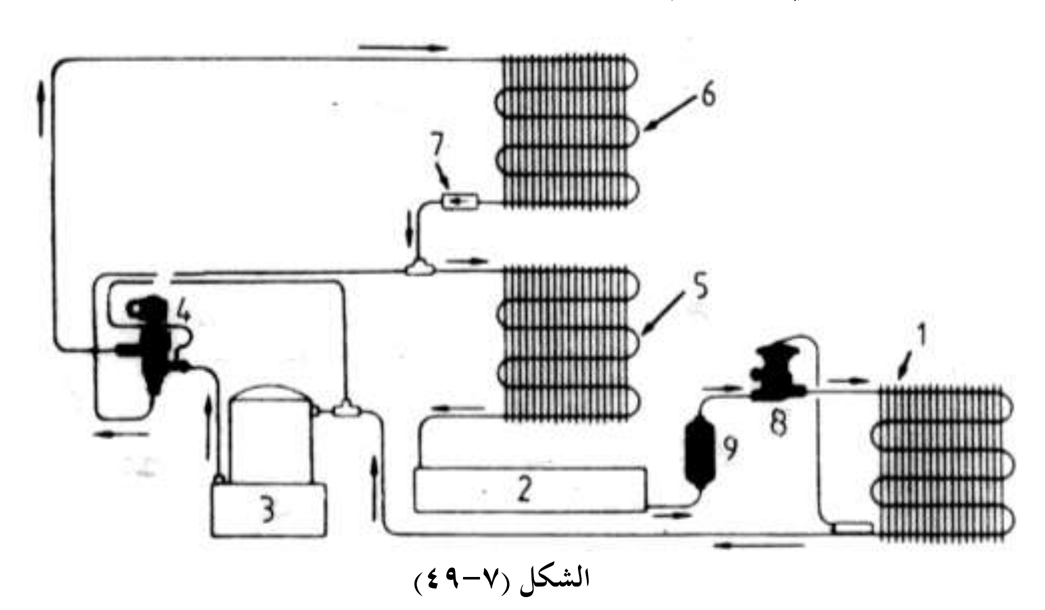
الشكل (٧-٤٨)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

حيث أن :

من الضاغط	1
إلى المكثف	2
إلى ملف التسخين	3
ملف الصمام	4

والشكل (٧-٤٩) يبين مسار مركب التبريد في دورة تبريد تستخدم صمام استرداد الحرارة عند وصول التيار الكهربي لملف صمام استرداد الحرارة .



الشكل (٧-٤٩)

حيث أن :

المبخر	1
الخزان	2
الضاغط	3
صمام استرداد الحرارة	4
المكثف	5
ملف التسخين	6
صمام لا رجعي	7

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

صمام تمدد حراري	8
مرشح/مجفف	9

فعند وصول التيار الكهربي لملف صمام استرداد الحرارة يكون مسار مركب التبريد كما يلي :

الضاغط ← صمام استرداد الحرارة ← ملف التسخين ← الصمام اللارجعي ← المكثف الخزان ← المرشح أو المجفف ← صمام التمدد الحراري ← المبخر ← الضاغط

وعند انقطاع التيار الكهربي عن ملف صمام استرداد الحرارة يكون مسار مركب التبريد كما يلي :

الضاغط ← صمام استرداد الحرارة ← المكثف ← الخزان ← المرشح/ المجفف ← صمام التمدد الحراري ← المبخر ← الضاغط .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الباب الثامن

اختيار أحجام مواسير التبريد وتمديدها

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

اختيار أحجام مواسير التبريد وتمديدها

٨-١ مقدمة

تصنع مواسير التبريد من النحاس النقي بنسبه 99.9 % وتستخدم مواسير النحاس في دوائر التبريد والتكييف لجودة توصيلها للحرارة وتنقسم مواسير النحاس إلى :-

١- مواسير طرية يسهل ثنيها .

٢- مواسير صلبة يصعب ثنيها .

أما المواسير الطرية فتكون على شكل لفائف أطوالها 15,30,37.5 m وتسد من أطرافها وتكون بأحجام 5/8 , ½ , 3/8 , 5/16 , ¼ بوصة ، وتوجد أيضا مواسير نحاس بأقطار صغيرة تستخدم كمواسير شعرية وتكون بالأحجام التالية 1/8 , 1/16 , 1/32 بوصة ، أما مواسير النحاس الصلبة فيتم تقسيمها إلى ثلاثة أنواع MK , L , K وتعتبر المواسير MK خفيفة الوزن ولها أقل سمك جداري في حين تعتبر المواسير L متوسطة الوزن ولها سمك جدارى متوسط أما المواسير K فهى ثقيلة الوزن ولها أكبر سمك جدارى .

والجدول (٨-١) يعطى أبعاد مواسير النحاس نوع K , L المستخدمة في دورات التبريد والتكييف (شركة Copeland) .

الجدول (٨-١)

النوع	السمك mm	القطر الخارجي mm	حجم المواسير بوصة
K	0.875	9.56	3/8
L	0.75		
K	1.225	12.5	½
L	0.875		
K	1.225	15.62	5/8
L	1		
K	1.225	18.75	¾
L	1.05		
K	16.62	21.87	7/8
L	1.125		
K	1.625	28.12	1 1/8
L	1.25		

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

تابع الجدول (٨-١)

النوع	السمك mm	القطر الخارجي mm	حجم المواسير بوصة
K	1.625	34.37	1 3/8
L	1.375		
K	1.8	40.6	1 5/8
L	1.5		
K	2.07	53.125	2 1/8
L	1.75		
K	2.375	65.6	2 5/8
L	2		
K	2.72	78.12	3 1/8
L	2.25		
K	3.37	90.6	3 5/8
-			
K	2.75	103.12	4 1/8
-			

والجدير بالذكر أن المواسير المستخدمة في دورات التبريد لها وظيفتان وهما :-

١- توفر مسار لدوران مركب التبريد .

٢- توفر مسار لعودة الزيت إلى الضاغط .

ويجب أن تحقق المواسير المستخدمة في دورة التبريد هاتين الوظيفتين بأقل انخفاض في الضغط . والجدير بالذكر أنه ليس من الممكن صناعة ضاغط لا يطرد أى كمية من الزيت خارجه ، وفي حالة عدم عودة إلى الضاغط فإن ذلك قد يسبب ما يلي :-

١- احتراق كراس محور الضاغط نتيجة لنقص الزيت.

٢- انكسار صمامات الضاغط نتيجة لدخول كمية كبيرة من الزيت لأن الضاغط مصمم لضغط البخار وليس السائل .

٣- انخفاض السعة التبريدية لأن الزيت يقلل من الانتقال الحراري في المبخر.

٨-٢ توصيات لتمديد مواسير التبريد

فيما يلي بعض القواعد الأساسية لتمديد مواسير التبريد من أجل تجنب الخسائر :-

١- يجب أن تكون المواسير المستخدمة نظيفة ولا تحتوى على أي أتربة ولا رطوبة ومغلقة من الجانبين بأغطية بلاستيكية لأنه في حالة عدم تحقق هذا الشرط فإن ذلك سيؤدى إلى تعطل دورة التبريد يجب استخدام أقل عدد ممكن من الأدوات المستخدمة مثل (الأكواع والتيهات والأنبال ...... الخ) لأن تقليل الأدوات المستخدمة يعنى تقليل احتمال التسربات وتقليل فقد الضغط علما بأن مركبات التبريد تكون مرتفعة السعر ويمكن أن تتسرب من أى مكان ضيق .

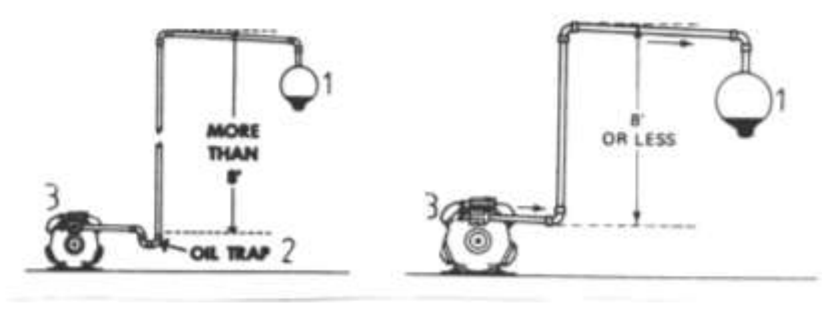
٢- تأخذ الاحتياطات الأمنية عند أى لحام .

٣- يتم إمالة المواسير الأفقية في اتجاه تدفق الفريون بمعدل 12 mm كل 3 m .

والجدير بالذكر أن كلا من فريون R12 وفريون R22 يمتزجان مع الزيت ولكن عند الضغوط العالية ، ودرجات الحرارة العالية ينفصل الزيت عن الفريون لذلك يجب التأكد من التصميم الجيد للمواسير وكذلك فإن سرعة مركب التبريد يجب أن تكون مناسبة لخفض الضوضاء والاهتزازات الصادرة من دورة التبريد.

خطوط الغاز الساخن   Hot Gas Lines

إن وظيفة خطوط الغاز الساخن كما هو معلوم هو توصيل الغاز المضغوط والزيت إلى المكثف بدون فقد زائد في الضغط فإذا كان المكثف على نفس مستوى الضاغط يجب مراعاة أن تكون المواسير الأفقية مائلة بميل 2 .5 cm لكل 3 m طول أما إذا كان المكثف أعلى الضاغط بحوالي 2.5 m أو أقل يتم التمديد بالطريقة المبينة بالشكل(٨-١) تبعا لتوصيات شركة(Trane Company) فالشكل(أ) عندما يكون الارتفاع أقل من 2.5 m والشكل (ب) عندما يكون الارتفاع أكبر من 2.5 m .



الشكل (٨-١)

محتويات الشكل :-

المكثف 1

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

مصيدة زيت 2

الضاغط 3

ويلاحظ أنه عندما يكون الارتفاع أكبر من 2.5 m يجب عمل مصيدة للزيت كما بالشكل (ب) لمنع عودة الزيت إلى الضاغط من خط الطرد أثناء توقف الضاغط ويمكن عمل ذلك باستخدام كوعين ونبل .فإذا كان الضاغط موضوع في مكان درجة حرارته أقل من درجة حرارة المكثف والخزان يستخدم صمام لا رجعى في خط الغاز الساخن بجوار المكثف ويعمل الصمام اللارجعى على منع عودة بخار الفريون إلى الضاغط أثناء فترة توقف الضاغط .

الفوائد التي تتحقق من وجود مصيدة الزيت كما يلي :-

١- منع عودة الزيت إلى الضاغط من خط الطرد أثناء توقف الضاغط .

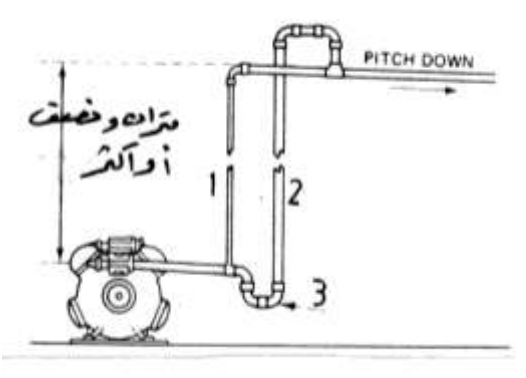
٢- يعمل على تجميع الزيت ومن ثم يسهل على البخار الساخن للفريون دفع الزيت معه إلى أعلى

٣- عند تجمع الزيت في أسفل المصيدة يضيق مسار غاز الفريون ومن ثم تزداد سرعة غاز الفريون مما يساعد على دفع الزيت أمامه وعادة تختار أقطار الخطوط المستخدمة بحيث تكون سرعة الفريون حوالي 3.75 m/s في الخطوط الأفقية مما يسهل تحريك الزيت في اتجاه التدفق وفي الخطوط الرأسية يجب أن تكون السرعة لا تقل عن 7.5 m/s وتوجد جداول سنتناولها فيما بعد لاختيار أقطار المواسير المستخدمة لخطوط الغاز الساخن والسائل . والجدير بالذكر أن ارتفاع سرعة الفريون تؤدى إلى صدور ضوضاء عالية واهتزازات وانخفاض الضغط وعادة فإن سرعة الفريون يجب ألا تزيد عن 15 m/s ، وفي مواسير الغاز الساخن يجب ألا يقل فقد الضغط عن 0.2 bar فزيادة انخفاض الضغط يؤدى إلى ضياع الأموال وزيادة تكلفة التشغيل ، وفي حالة الضواغط المزودة بمنظم سعة فإنه ينصح باستخدام ماسورتين رأسيتين كما بالشكل (٨-٢) تبعا لتوصيات شركة (Trane Co.)

حيث أن الماسورة ذات القطر الصغير 1 يجب أن تختار بحيث لا تقل السرعة فيها عن 7.5 m/s (متر/ثانية) عند أقل حمل في حين أن الماسورة ذات القطر الكبير 2 تختار بحيث لا تقل السرعة فيها عن 7.5 m/s عند الحمل الكامل ،ويجب إضافة مصيدة 3 أسفل الماسورة الكبيرة 2 .

والجدير بالذكر أنه عند عمل دورة التبريد عند جزء من الحمل فإن سرعة الغاز الساخن تصبح غير كافية لحمل الزيت لأعلى والنتيجة أن الزيت سوف يعود إلى المصيدة السفلية مرة أخرى وعند تجمع كمية كافية من الزيت بحيث تعمل انسداد كامل للمصيدة سيتدفق الغاز الساخن من الماسورة الصغيرة ،

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على
العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Down



أما في حالة زيادة الحمل فإن سرعة الغاز الساخن تصبح كافية لدفع الزيت من المصيدة لأعلى حيث سيتدفق الغاز الساخن في كلا الماسورتين الصغيرة والكبيرة . والجدير بالذكر أنه في حالة أنظمة التبريد

الشكل (٨-٢)

ذات المواسير الكبيرة ينصح باستخدام فاصل زيت (ارجع الفقرة ٧-٨) ويعتبر كاتم الصوت Muffler هو الوسيلة الثانية التي ينصح بها المصنعين لتقليل الضوضاء ونبضات الغاز حيث يوضع في خط طرد الضاغط ويدخل الغاز الساخن إلى كاتم الصوت من أعلى ويخرج من أسفل ويكون كاتم الصوت في وضع رأسي وفي هذا الوضع يكون الزيت المتجمع ومركب التبريد المتكاثف أقل ما يمكن . والجدول (٨-٢) يعطى قيم أحجام مواسير الطرد بالبوصة تبعا للسعة التبريدية لوحدة التبريد بوحدات BTU (الوحدة الحرارية البريطانية) علما بأن (KW = 3412 B T U الكيلووات) عندما تكون درجة حرارة التبخير تتراوح ما بين $+17^0C$: 40^0C - ودرجة حرارة التكثيف تتراوح ما بين (: 27^0C 54^0C) مع استخدام فريون R12 أو فريون R22 أو فريون R502 عند أطوال مختلفة للمواسير الواصلة بين الضاغط والمكثف مثل 15 m , 30 m , 45 m , 60 m وذلك تبعا لتوصيات شركة Copeland .

مثال : إذا كانت السعة التبريدية 300000 B T U وكان مركب التبريد R502 وكانت المسافة بين المبخر والضاغط 60 m فإن حجم ماسورة الطرد الواصلة بين المبخر والضاغط يساوى 2 1/8 بوصة

الجدول (٨-٢)

السعة BTU	R12				R22				R502			
	15 m	**30 m**	**45 m**	**60 m**	**15 m**	**30 m**	**45 m**	**60 m**	**15 m**	**30 m**	**45 m**	**60 m**
6000	½	½	½	5/8	3/8	½	½	½	½	½	½	5/8
12000	5/8	5/8	5/8	7/8	½	½	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	7/8
18000	5/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	5/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8
24000	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8
36000	7/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8
48000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
60000	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8
75000	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8
100000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8
150000	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8

200000	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8
300000	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8
400000	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8
500000	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8

٨-٤ خطوط السائل Liquid Line

إن الزيت الذى يصل إلى المكثف والمختلط مع سائل مركب التبريد سيبقى في قاع المكثف وهذا المخلوط سوف يدفع إلى الأنبوبة الشعرية أو صمام التمدد وحيث أن هذا السائل أكثر كثافة من الغاز فإن خطوط السائل تكون ذات أقطار أقل من خطوط الغاز . ولفهم ما يحدث في خط السائل يجب معرفة المزيد عن مركب التبريد فإذا انخفض ضغط مركب التبريد في حين ظلت درجة حرارته كما هى فإن بعض مركب التبريد سوف يتبخر فإذا حدث ذلك فإن صمام التمدد سوف يعمل بطريقة غير مرضيه الأمر الذى يقلل السعة التبريدية .

ويجب ألا يزيد فرق الضغط في خط السائل عن 0.21 bar وذلك يجب أن تختار أبعاد خطوط السائل الأفقية لتحقيق هذا الفقد في الضغط بحد أقصى . والمشكلة عادة تكون في خطوط السائل الرأسية حيث أن ضغط السائل في أسفل الخطوط الصاعدة يكون أكبر من ضغط السائل في أعلى الخطوط الصاعدة والسبب في ذلك هو وزن سائل مركب التبريد فمثلا يزداد ضغط سائل مركب التبريد R11 بحوالي 0.13 bar لكل متر فبعد حوالي 3 m يصبح ضغط مركب التبريد في أسفل الخط الصاعد أكبر من ضغط سائل مركب التبريد أعلى الصاعد بحوالي 0.4 bar وحيث أن ضغط خط السائل يحدد بدرجة الحرارة التي يحدث عندها تبخر للسائل فإذا كان ضغط السائل عند أسفل الصاعد يساوى ضغط التشبع فإن السائل سوف يتبخر عند انخفاض الضغط لذلك قبل دفع السائل في الخط الصاعد يجب عمل تبريد دوني Sub Cool حتى لا يتحول إلى غاز عند انخفاض الضغط أعلى الخط الصاعد .

والجدير بالذكر أن العناصر التكميلية مثل زجاجات البيان والمرشحات والمجففات تزيد من قيمة انخفاض الضغط ، وفي الحياة العملية فإن تبريد دوني 6^oC كافي جدا لرفع السائل عبر صاعد ارتفاعه 7.5m ويجب الاطلاع على المواصفات الفنية للمصنعين لمعرفة أحجام خطوط السائل والتبريد الدونى المطلوب لمنع تبخر الفريون .

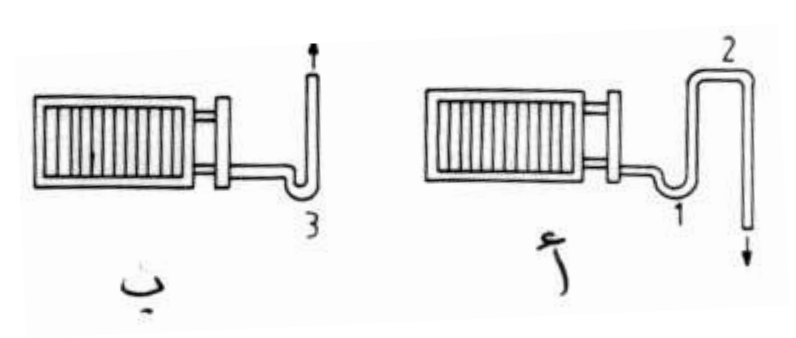
والجدول (٨-٣) يعطى قيم أحجام مواسير السائل بالبوصة تبعا للسعة التبريدية لوحدة التبريد بوحدات BTU علما بأن (KW = 3412 BTU) عندما كون درجة حرارة التبخر تتراوح ما بين (- 40^0C : $+17^0C$) ودرجة حرارة التكثيف تتراوح ما بين (27^0C : 54^0C) مع استخدام فريون R12 أو فريون R22 أو فريون R502 عند أطوال مختلفة للمواسير الواصلة بين المبخر وخزان السائل

مثل :- (15m , 30m , 45m , 60 m) وذلك تبعا لتوصيات شركة Copeland علما بأن C- R تعني الماسورة الواصلة بين المبخر وخزان السائل

مثال :- إذا كانت السعة التبريدية تساوى 100000 B T U وكان مركب التبريد R12 فإذا كانت المسافة بين المبخر وخزان السائل 45 m فإن حجم ماسورة السائل الواصلة بين المبخر وخزان السائل تساوى 7/8 بوصة وحجم الماسورة الواصلة بين المكثف وخزان السائل تساوى 1 1/8 بوصة .

٨-٥ خطوط السحب Suction Lines

هذه الخطوط تعمل على نقل بخار مركب التبريد البارد وزيت الضاغط من المبخر إلى خط سحب الضاغط ويجب تصميم خط حسب الضاغط بطريقة صحيحة لمنع عودة سائل التبريد والزيت للضاغط أثناء توقفه علما بأن عودة سائل التبريد والزيت للضاغط أثناء توقفه يسبب حدوث طرقات شديدة عن دوران الضاغط قد تؤدى إلى تلف صمامات الضاغط ، فإذا كان الضاغط أعلى المبخر



الشكل (٨-٣)

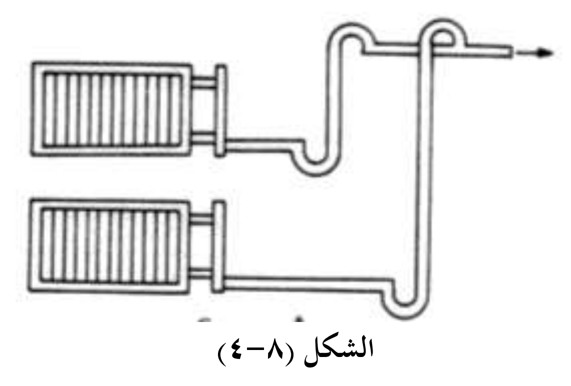
فإن هذه المشكلة (عودة سائل التبريد والزيت للضاغط أثناء توقفه)ستختفي أما إذا كان الضاغط على نفس مستوى أو أدنى مستوى المبخر يجب عمل خط صاعد بعد المبخر وصولا للمستوى العلوى للمبخر .

والشكل (٨-٣) يبين طريقة تحديد خط سحب الضاغط عندما يكون الضاغط أسفل المبخر (الشكل أ) وعندما يكون الضاغط أعلى المبخر (الشكل ب) ، **حيث أن** :-

مصيدة زيت	1
مصيدة سائل	2
مصيدة سائل أو زيت	3

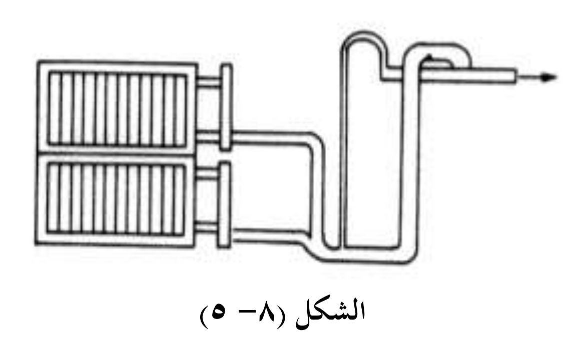
حيث تعمل مصيدة الزيت 1 ومصيدة السائل والزيت 3 على إعادة الزيت مرة أخرى للضاغط وتعمل مصيدة السائل 2 ومصيدة السائل والزيت 3 على منع رجوع السائل للضاغط .

والشكل (٨-٤) يبين طريقة تمديد خط السحب لمبخرين متوازيين وفي مستويين مختلفين حيث تعمل المصايد المعكوسة (العلوية) على منع عودة الزيت إلى المبخر الذى يعمل بحمل خفيف .



الشكل (٨-٤)

والشكل (٨-٥) يبين طريقة تمديد خط السحب لمبخر مقسم داخليا لقسمين حيث يستخدم



الشكل (٨- ٥)

صاعدين أحدهما كبير والآخر صغير إذا كان الضاغط مزود بجهاز تنظيم سعة حيث يمر بخار مركب التبريد في الصاعد الصغير حاملا معه الزيت وذلك لانسداد مدخل الصاعد الكبير بالزيت عند الأحمال الصغيرة في حين بخار مركب البريد ومعه الزيت في كلا الصاعدين عند الأحمال الكبيرة للمبخر ، ويجب آلا تقل سرعة مركب التبريد في الصاعدين عن 7.5 m/s عند أدنى حمل.

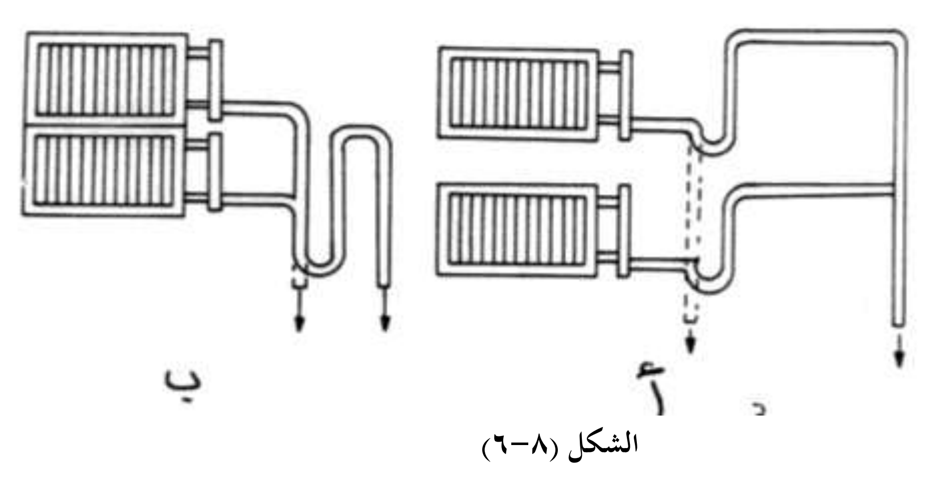
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الجدول (٨-٣)

السعة BTU	R12					R22					R502				
	C-R	15 m	30 m	45 m	60 m	C-R	15 m	30 m	45 m	60m	C-R	15 m	30 m	45 m	60m
6000	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	¼	3/8	3/8	3/8	3/8	¼	3/8	3/8	3/8
12000	½	3/8	3/8	½	½	½	3/8	3/8	3/8	3/8	½	3/8	½	½	½
18000	½	½	½	½	½	½	3/8	3/8	½	½	5/8	½	½	½	½
24000	5/8	½	½	½	5/8	5/8	3/8	½	½	½	5/8	½	5/8	5/8	5/8
36000	5/8	½	5/8	5/8	5/8	5/8	½	½	½	½	7/8	½	5/8	5/8	5/8
48000	7/8	½	5/8	5/8	7/8	7/8	½	5/8	5/8	5/8	7/8	5/8	5/8	5/8	7/8
60000	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	½	5/8	5/8	5/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8
75000	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	½	5/8	5/8	5/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8
100000	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8
150000	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 3/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8
200000	1 3/8	7 /8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7 /8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
300000	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8
400000	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8
500000	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

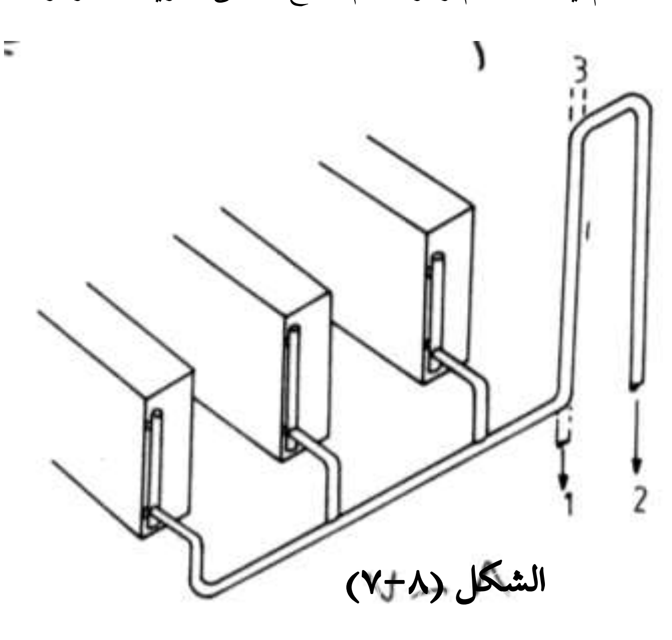
والشكل (٨-٦) يبين طريقة تمديد خط السحب لعدة مبخرات عند مستويات مختلفة عندما يكون الضاغط أسفلهم علما بأن المصايد يجب أن تزال في حالة استخدام نظام الضخ السفلى Pump Down (الشكل أ) .



الشكل (٨-٦)

والشكل (ب) يبين طريقة تمديد خط السحب لمبخر مقسم داخليا لقسمين عندما يكون الضاغط أسفل المبخر علما بأن المصايد يجب أن تزال في حالة استخدام نظام الضخ السفلى أيضا .

والشكل (٨-٧) يبين طريقة تمديد خط السحب في حالة المبخرات التي تعمل على نفس المستوى عندما يكون الضاغط أسفلهم في حالة عدم وجود نظام الضخ السفلى 1 وفي حالة وجود الضخ



الشكل (٨-٧)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الجدول (٨–٤)

السعة BTU	R12					R22				R 502			
	5^0 C	- 4^0 C	-10^0 C	-30^0 C	-40^0 C	5^0 C	- 4^0 C	-10^0 C	-30^0 C	- 4^0 C	-10^0 C	-30^0 C	-40^0 C
6000	5/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	½	5/8	5/8	7/8	5/8	5/8	7/8	1 1/8
12000	7/8	7/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	5/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 3/8
18000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	7/8	7/8	7/8	1 3/8	1 1/8	7/8	1 3/8	1 5/8
24000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8
36000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	2 1/8	2 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8
48000	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	2 1/8	2 1/8
60000	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 5/8	3 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	–	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 5/8
75000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	3 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	–	1 5/8	1 5/8	2 5/8	2 5/8
100000	1 5/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	–	1 5/8	1 5/8	2 5/8	2 5/8
150000	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	–	1 5/8	2 1/8	2 1/8	–	2 1/8	2 1/8	2 5/8	3 1/8
200000	2 1/8	2 5/8	2 5/8	–	–	2 1/8	2 1/8	2 1/8	–	2 1/8	2 5/8	3 1/8	3 5/8
300000	2 5/8	3 1/8	3 1/8	–	–	2 1/8	2 5/8	2 5/8	–	2 5/8	2 5/8	3 1/8	–
400000	3 1/8	3 1/8	3 1/8	–	–	2 1/8	2 5/8	2 5/8	–	2 5/8	3 1/8	–	–

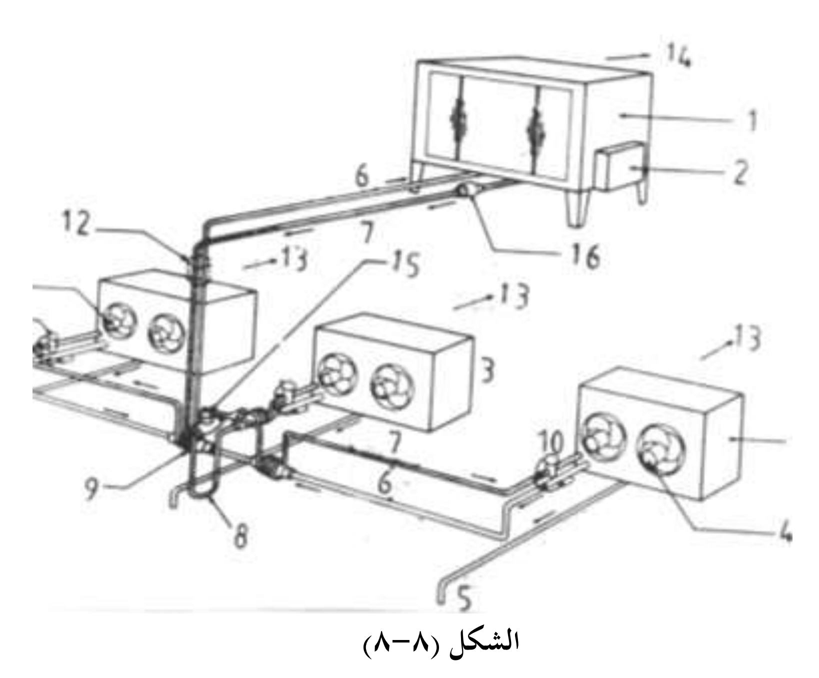
السفلى 2 وفي حالة وجود الضاغط أعلى المبخرات 3 .

والجدول (٨-٤) يعطى قيم أحجام المواسير الأفقية لخط السحب بالبوصة تبعا للسعة التبريدية لوحدات التبريد بوحدات BTU علما بأن :-

(KW = 3412 BTU)

عندما تكون درجة التكثيف تتراوح ما بين ($27^oC : 54^oC$)، والجدير بالذكر أن هذا الجدول لمسافة بين الضاغط والمبخر أقل من 30 m .

والشكل (٨-٨) يعرض تركيبات مواسير التبريد لدورة تبريد تجارية تحتوى على وحدة تكثيف خارجية تبريد هواء وثلاثة مبخرات Kramer Trenton Co. علما بأنه يجب أن يكون اتجاه تدفق هواء المكثف 14 في اتجاه الرياح السائدة كما أن المبادلات الحرارية 9 يجب أن تكون قريبة قدر الإمكان من حائط الثلاجة ويجب ألا تقل المسافة بين خط السحب وخط السائل عن (45cm) أي 18 بوصة .



الشكل (٨-٨)

حيث أن :-

وحدة تكثيف	1	مبادلات حرارية	9
لوحة تحكم	2	صمام تمدد حرارى	10
المبخر	3	محرك مروحة المبخر	11

مراوح المبخرات	4	جلبة داخل حائط الثلاجة	12
خط صرف الماء الذائب من الصقيع	5	اتجاه تدفق هواء المبخرات	13
خط سحب	6	اتجاه تدفق هواء المكثف	14
خط السائل	7	صمام كهربي	15
مصيدة زيت	8	مرشح/مجفف	16

٨ – ٦ تركيبات المواسير مع دورات التبريد المتعددة الضواغط

عند تشغيل الضواغط على التوازي في أحد دورات التبريد يجب أن تصمم خطوط سحب الضواغط بحيث تتساوى ضغوط السحب للضواغط .

وكذلك يجب أن يعود الزيت بنسب متساوية لجميع الضواغط لذلك يجب أن توصل خطوط سحب الضواغط مع خط السحب المشترك Suction Header حتى يعود الزيت لصندوق عمود المرفق لكل ضاغط بمعدل منتظم قدر الإمكان حيث يمدد خط السحب المشترك أعلى مستوى خطوط سحب الضواغط ومن ثم يعود الزيت للضواغط بفعل الجاذبية .

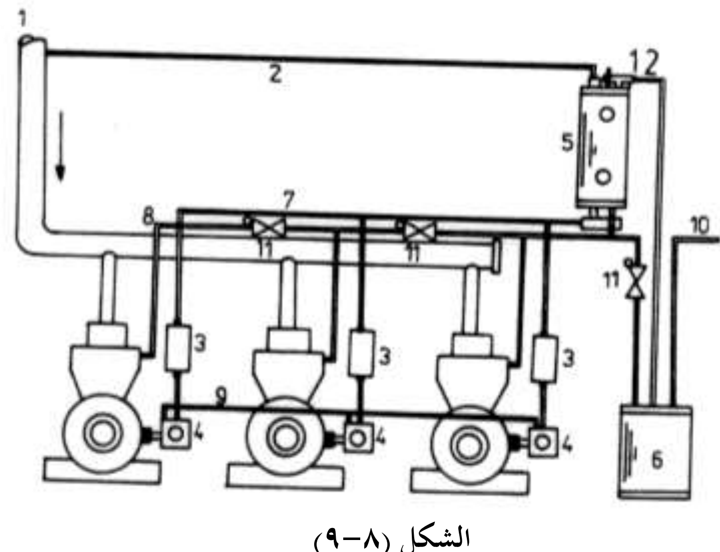
ويجب مراعاة ألا يكون خط السحب المشترك أسفل خطوط سحب الضواغط حتى لا تصبح كمصيدة زيت .

وتجدر الإشارة إلى أن خطوط سحب الضاغط يجب أن توصل مع خط السحب المشترك وهو في وضع أفقي حتى يحدث توزيع منتظم للزيت على الضواغط ولا يتراكم سائل مركب التبريد في صندوق عمود مرفق الضاغط المتوقف .

والشكل (٨ –٩) يبين طريقة تمديد مواسير التبريد ومواسير الزيت لثلاثة ضواغط على التوازي .

حيث أن :–

خط السحب المشترك	1	خط عودة الزيت للضواغط	7
خط تهوية	2	خط الطرد المشترك للضواغط	8
مرشحات زيت	3	خط معادلة الضغوط	9
صمام بعوامة	4	إلى المكثف	10
خزان زيت	5	صمامات لارجعية	11
فاصل زيت	6	صمام ضغط خزان الزيت	12



الشكل (٨-٩)

ويعمل خزان الزيت 5 على المحافظة على زيت التزييت وكمستقبل للزيت من فاصل الزيت ويعمل صمام ضغط الخزان 12 على المحافظة على فرق الضغط بين الخزان وصندوق مرفق كل ضاغط وبذلك يمكن أن يتدفق الزيت من الخزان للضواغط بدون الحاجة لرفع الخزان أعلى الضواغط كثيرا وتعمل مرشحات الزيت 3 على منع وصول أى شوائب أو ذرات معدنية إلى الصمامات ذات العوامة 4 الخاصة بالضواغط وتعمل الصمامات ذات العوامة على السماح بتدفق الزيت من الخزان إلى صندوق مرفق الضاغط إذا كان منسوب الزيت في صندوق المرفق أقل من مستوى العوامة .

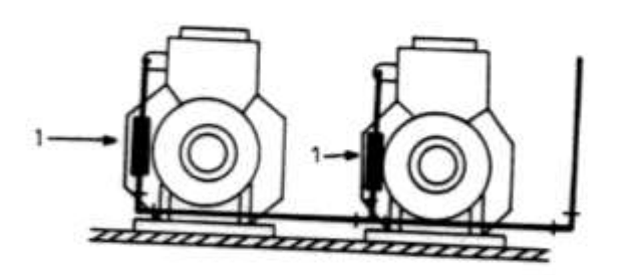
وعادة يتم ضبط الصمام ذات العوامة بحيث يكون مستوى الزيت في صندوق المرفق يتراوح ما بين 1/4إلى 1/2 مستوى زجاجة البيان .

والجدير بالذكر أنه يجب توصيل الصمامات ذات العوامة بخط معادلة للتأكد من تساوى الضغوط في جميع صناديق مرافق الضواغط عند دوران الضواغط واحد تلو الآخر أو عند إيقاف ضاغط وبذلك تقل كمية الزيت التي يمكن أن تعود للضاغط المتوقف .

والشكل (٨ – ١٠) يبين طريقة التوصيل الصحيحة لخطوط الغاز الساخن الخارجة من ضاغطين يعملان بالتوازي .

ويلاحظ أن خط طرد كل ضاغط يوصل عبر كاتم صوت 1 مع خط الغاز الساخن المشترك 2 والممدد أسفل الضاغطين لمنع رجوع سائل مركب التبريد الناتج عن تكاثف بخار مركب التبريد أثناء

توقف الضواغط وعودته إلى الضواغط مؤديا إلى تلف صمامات الضواغط عند بدء دوران الضواغط وكذلك لمنع رجوع الزيت من الضاغط الدائر إلى الضاغط المتوقف .



الشكل (٨-١٠)

٨-٧ تركيبات المواسير لعدة وحدات تكثيف على التوازي

عند توصيل أكثر من وحدة تكثيف Condensing Units على التوازي يجب توصيل خط معادلة لضغط التكثيف بين الوحدات وتوصيل خط معادلة ضغط صندوق مرفق ضواغط وحدات التكثيف معا وكذلك خط تعادل زيت صناديق المرفق للضواغط مع مراعاة أن تثبت وحدات التكثيف في مستوى أفقي واحد حتى تكون جميع مخارج تعادل الزيت للضواغط عند مستوى أفقي واحد .

والجدير بالذكر أن توصيل صناديق أعمدة المرافق للضواغط بالتوازي بواسطة خط تعادل الزيت يسمح بحدوث تساوى لمستوى الزيت في الضواغط كلها الأمر الذى يحقق تزييت متكافئ للضواغط ويجب تمديد خط تعادل خطوط سحب الضواغط Crank Case Equalizer أعلى من مستوى خط تعادل الزيت بطريقة تمنع سائل مركب التبريد المتكاثف وكذلك الزيت من العودة للضواغط وبخصوص خط تعادل خطوط الطرد فإنه يعمل على منع اندفاع الغاز الساخن عبر أحد وحدات التكثيف إلى خط السائل .

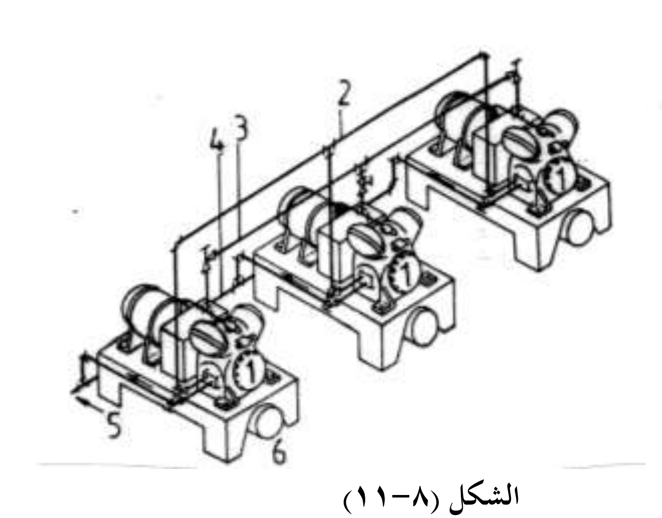
علما بأن خطوط الطرد يجب أن يكون حجمها مساويا لحجم أكبر خط طرد لوحدات التكثيف أما خطوط السائل لمكثفات وحدات التكثيف فيجب أن توصل بطريقة تسمح بتساوي مستوى السائل لكل وحدات التكثيف كما يجب استخدام صمامات قفل يدوية لكل وحدة تكثيف بحيث يمكن إخراج أي وحدة تكثيف من الخدمة عند عمل صيانة لها .

والشكل (٨-١١) يبين طريقة توصيل ثلاثة وحدات تكثيف على التوازي بطريقة تمنع حدوث اهتزازات .

حيث أن :-

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الضاغط	1
خط معادلة الغاز في صناديق المرفق	2
خط الطرد الرئيسي	3
خط معادلة الزيت في صناديق المرفق	4
طبة تصريف	5
مكثف	6



الشكل (٨-١١)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الباب التاسع

غرف التبريد والتجميد ومصانع الثلج التجارية

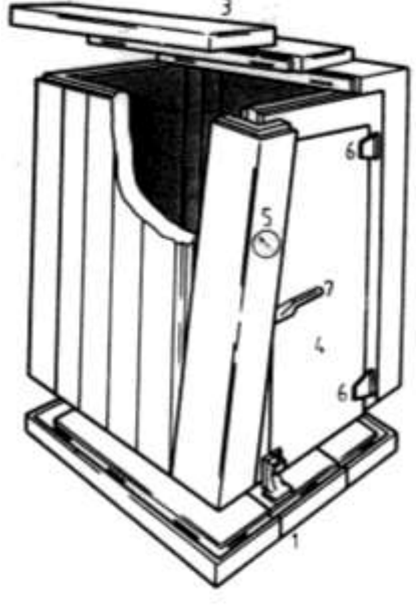
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

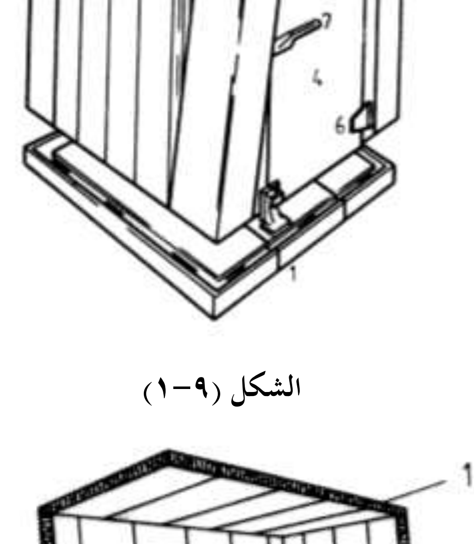
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

غرف التبريد والتجميد ومصانع الثلج التجارية

٩-١ غرف التبريد والتجميد السابقة التجهيز

تتواجد غرف التبريد والتجميد التجارية السابقة التجهيز بأبعاد تبدأ من (1 * 1.5 * 2 m) إلى (15 * 9.5 * 3.5 m)وتتكون غرف التبريد والتجميد السابقة التجهيز من مجموعة من الألواح المزودة بأقفال خاصة تساعد في عملية تجميعها معا في مكان الاستخدام .





الشكل (٩-١)

والشكل (٩-١) يعرض نموذج لغرفة تبريد سابقة التجهيز من إنتاج (Bally Engineered Structures ,Inc.)

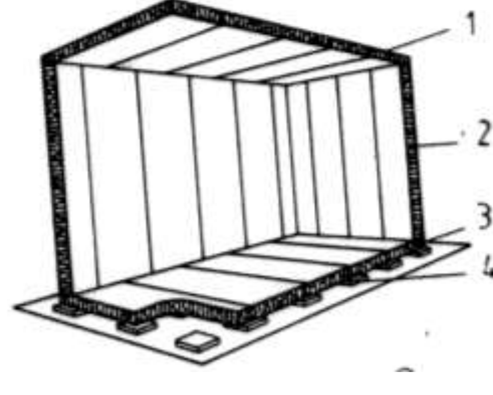
حيث أن :-

ألواح الأرضية	1
ألواح الجدران	2
ألواح السقف	3
الباب	4
عداد قياس درجة الحرارة	5
مفصلات الباب	6
مقبض قفل الباب	7

والشكل (٩-٢) يعرض نموذج توضيحي لغرفة تبريد من إنتاج شركة Viessmann .



حيث أن :-

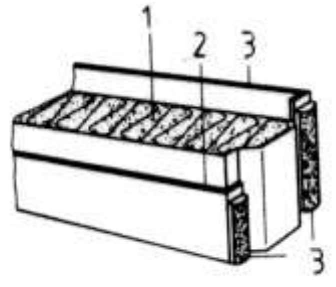


ألواح السقف	1
ألواح الجدار	2
ألواح الأرضية	3

بلاطات خرسانية توضع أسفل ألواح الأرضية عندما تكون درجة حرارة غرفة التبريد أقل من -5^0C لمنع تجمد رطوبة التربة الأمر الذى قد يؤدى تلف أرضية غرفة التبريد . **الشكل** (٩-٢)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

والشكل (٩-٣) يعرض قطاع في ألواح الحوائط والسقف لغرفة تبريد من إنتاج شركة viessmann .



الشكل (٩-٣)

حيث أن :

بولى يريثان رغوي صلب 1

ألواح من الصلب المغطاة بطبقة ألومنيوم/زنك

مطلي بطبقة من الابوكسى أو البوليستر 2

وسيلة إحكام 3

الشكل (٩-٣)

ويلاحظ أن ألواح الجدران والسقف تكون على شكل سندوتشات مصممة لمنع الانتقال الحراري بدون استخدام أي خشب علما بأن طبقة طلاء الزنك /الألومنيوم تحسن خواص مقاومة الصدأ والجدير بالذكر أن غرف التبريد والتجميد التي يصل عرضها وطولها إلى ستة أمتار تحتاج هياكل تدعيم . والشكل (٩-٤) يعرض قطاع في ألواح الأرضية لغرفة تبريد أو تجميد سابقة التجهيز من إنتاج شركة Viessmann .

الشكل (٩-٤)

حيث أن :

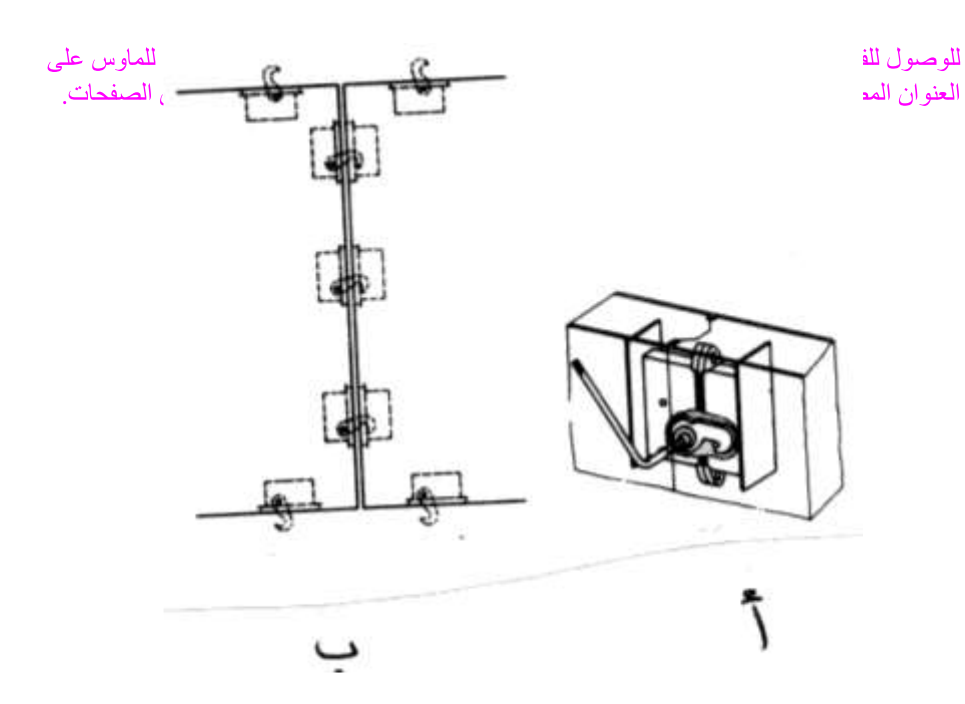
ألواح من الصلب سمكها 0.8 mm 1

لوح توزيع للضغط سمكه 13 mm 2

بولي يريثان رغوي صلب 2

ألواح من الصلب المغطى بطبقة من الألومنيوم/الزنك سمكها 0.6 mm والمطلي بطبقة من الابوكسى أو البوليسترويجب ألا يزيد حمل الأرضية عن $3000\ kp/m^2$ وبعد تجميع ألواح الأرضية يجب استخدام موانع تسريب مرنة (سليكون) لمنع دخول الرطوبة مثل ماء التنظيف ويجب معالجة أي تلف يحدث لموانع التسريب . 4

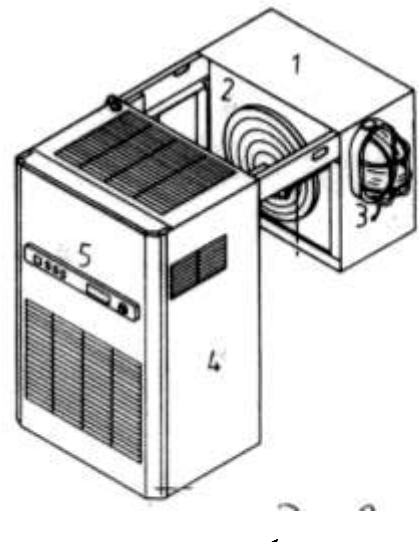
للوصول للة
العنوان المد
للماوس على
، الصفحات.



الشكل (٩-٥)

ويمكن وصل ألواح غرف التبريد والتجميد السابقة التجهيز بنظام المشقبية واللسان ويستخدم في ذلك أقفال بكامات .

والشكل (٩-٥) يبين القفل ذات الكامة وطريقة فتحه وقفله باستخدام مفتاح ألن (الشكل أ) وكذلك طريقة تجميع لوحين باستخدام مجموعة من الأقفال ذات الكامات (الشكل ب) شركة Viessmann .



الشكل (٩-٦)

والشكل (٩-٦) يعرض نموذج لوحدة التبريد المتكاملة التي تثبت على جدران غرف التبريد الصغيرة المنتجة في شركة Viessmann

حيث أن :

المبخر	1
مروحة المبخر	2
لمبة إضاءة داخلية	3

وحدة تكثيف خارجية تثبت على الجدران الخارجية لغرفة التبريد 4

لوحة ضواغط التشغيل 5

والشكل (٩-٧) يبين طريقة تثبيت وحدة التبريد المتكاملة على جدران غرفة التبريد من إنتاج شركة Viessmann .

حيث أن :

قفزان تثبيت وحدة التبخير 1

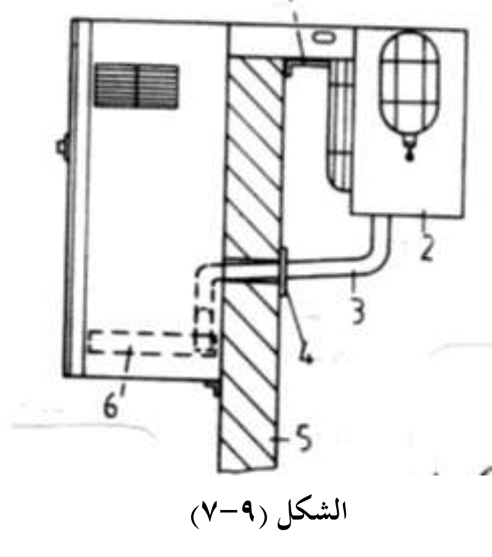
ماسورة تصريف الماء الذائب من الصقيع 2

وردة من البلاستيك 3

جدار غرفة التبريد أو التجميد 4

وعاء تجميع الماء الذائب 5

6



الشكل (٩-٧)

٩-١-١المكان المناسب لغرف التبريد والتجميد

يجب وضع غرف التبريد والتجميد السابقة التجهيز والمزودة بوحدات تبريد متكاملة على جدرانها في أماكن جيدة التهوية حتى يسهل التخلص من الحرارة الخارجة من وحدة التكثيف الأمر الذى يقلل من عمل وحدة التبريد ومن ثم يقلل من تكاليف التشغيل .

ويجب أن يزيد طول وعرض الغرفة التي ستوضع بداخلها غرفة التبريد أو التجميد عن مثيلتها لغرفة التبريد أو التجميد بما لا يقل عن 10cm ولا يقل ارتفاع الغرفة التي ستوضع فيها غرفة التبريد أو التجميد عن ارتفاع غرفة التبريد بما لا يقل عن 20cm إذا كأن هناك سقف معلق أو 120cm إذا لم يكن هناك سقف معلق . ويجب التأكد من أبعاد الغرفة بالمبنى والتي ستوضع فيها غرفة التبريد أو التجميد قبل البدء في تجميع غرفة التبريد أو التجميد وينصح بأخذ أبعاد أقطار الغرفة بالمبنى للتأكد من أنها مستطيلة حيث يجب أن تتحقق العلاقة التالية :-

$$D = (L^2 + W^2)^{0.5}$$

حيث أن :

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

قطر الغرفة D عرض الغرفة W

طول الغرفة L

ويجب التأكد من أن أرضية الغرفة بالمبنى مستوية وناعمة وأفقية تماما وفي حالة وجود منطقة غير منتظمة يجب معالجتها .

٩-١-٢ أبواب غرف التبريد أو التجميد

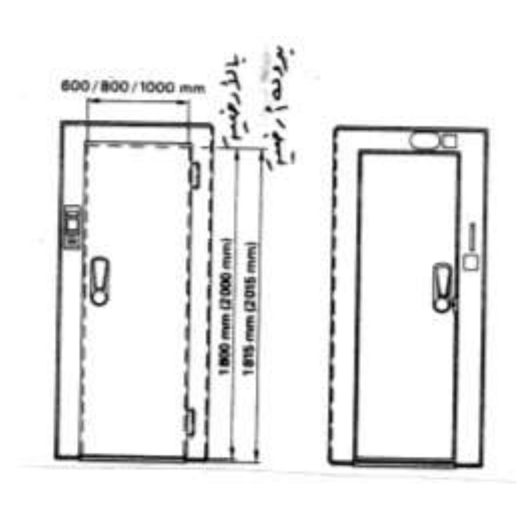
هناك ثلاثة أنواع من الأبواب وهم :-

١- أبواب مفصلية Hinged door

٢- أبواب منزلقة Sliding door

٣- أبواب متأرجحة Swinging door

والشكل (٩-٨) يعرض مسقط رأسي لباب مفصلي من الداخل (أ) ومن الخارج (ب) لغرف التبريد والتجميد المنتجة بشركة Viessmann .

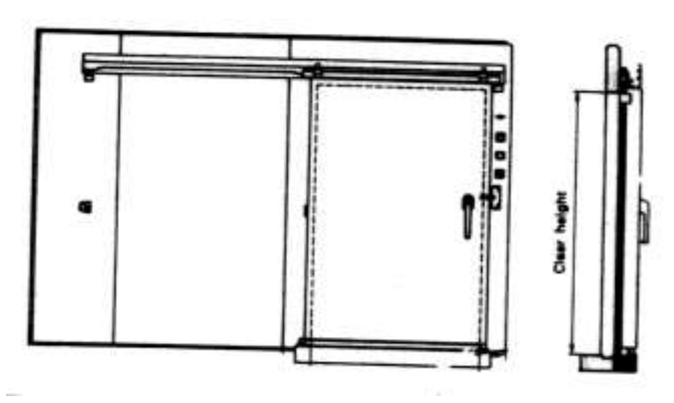


الشكل (٩-٨)

حيث أن عرض فتحة الباب تساوى (600 أو 800 أو 1000 mm)وارتفاع الباب بدون الأرضية يساوى أما (800mm أو 2000mm) وارتفاع الباب بالأرضية يساوى أما (1815mm أو 2015mm) وتتراوح قدرة سخانات الباب (70 : 93 W) وتعمل على منع حدوث تكاثف على الباب .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

والشكل (٩-٩) يعرض المسقط الرأسي والجانبي لباب منزلق لغرف التبريد والتجميد المنتجة

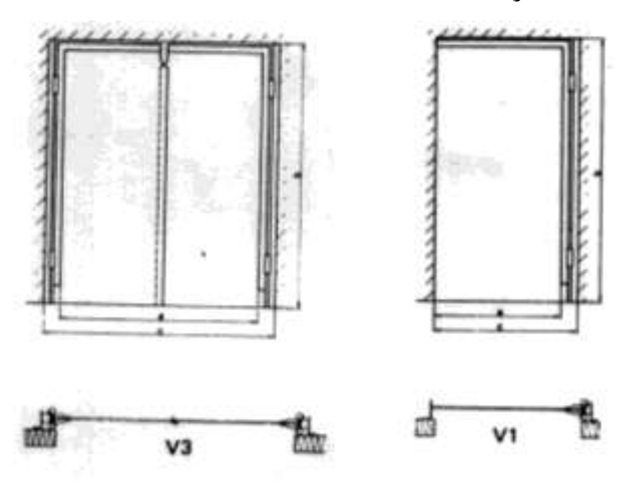


بشركة Viessmann .

الشكل (٩-٩)

وتتراوح أبعاد الباب ما بين (1400 x 2000mm : 900 x 2000) .

أما الشكل (٩-١٠) فيعرض نموذج لباب متأرجح بدرفة واحدة (الشكل أ)وبدرفتين (الشكل ب) لغرف التبريد والتجميد المنتجة بشركة Viessmann .



الشكل (٩-١٠)

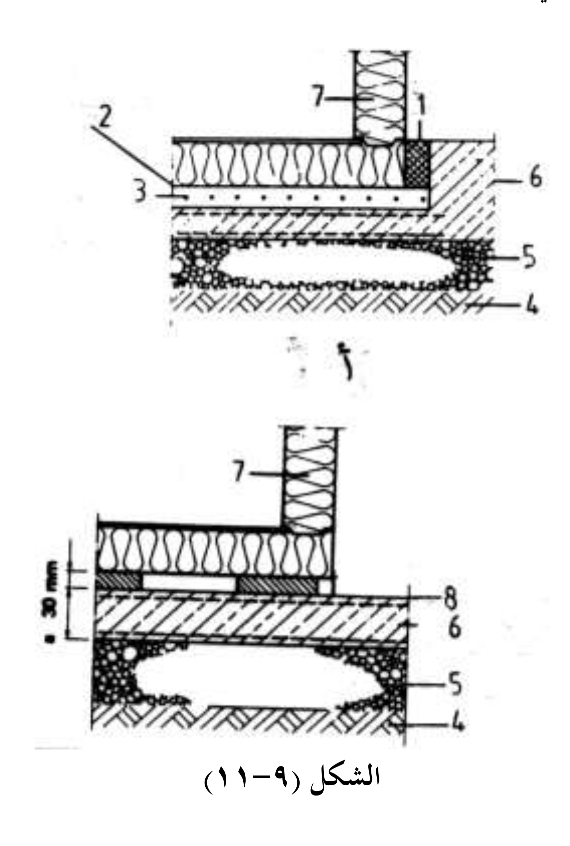
علما بأن الباب المتأرجح الخارجي V_1, V_3 يعطي فتحة أكبر من الباب المتأرجحالداخلي V_2, V_4 والجدول (٩-١) يعطي قيم حدود عرض فتحة الباب للأنواع المختلفة للأبواب المتأرجحة .

الجدول (٩-١)

حدود عرض فتحة البابmm	560 :1160	535 : 1135	920 : 1920	870 : 1870
نوع الباب المتأرجح	V_1	V_2	V_3	V_4

٩-١-٣ أرضية غرف التبريد والتجميد

لمنع حدوث تصدعات في المباني التي توضع بها غرف تبريد أو تجميد يجب إعداد غرف المبنى التي تحتوى بداخلها على غرف تبريد أو تجميد بطرق خاصة والشكل (٩-١١) يعرض نموذجين مختلفين لأرضيات غرف المبنى التي تحتوى على غرف تبريد أو تجميد (Viessmann Co.) .



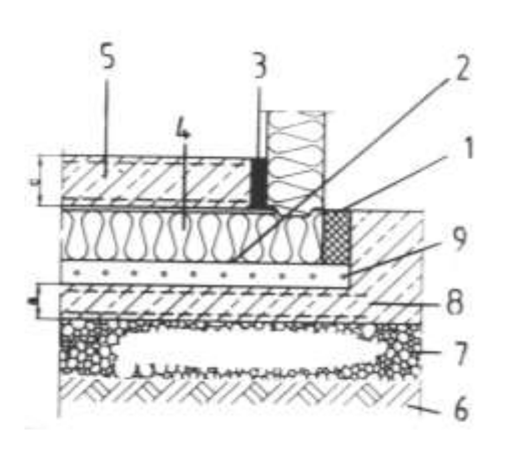
الشكل (٩-١١)

حيث أن :-

موانع تسرب مرنة 1

طبقتين من البوتومين 2
طبقة من بلاط الأرضية به شبكة سخانات كهربية 3
طبقة من التراب 4
طبقة من الحصى 5
طبقة من الخرسانة المسلحة 6
جدران غرفة التبريد أو التجميد 7
بلاطات خرسانية 8

ففي الشكل (أ) يحاط بأرضية غرفة التبريد أو التجميد بموانع تسرب مرنة 1 (سليكون) ويوضع أسفل ألواح غرفة التبريد أو التجميد طبقتين من البوتومين 2 أسفلهما طبقة من بلاط الأرضية المزود بشبكة سخانات 3 قدرتها 10 W/m^2 ثم بعد ذلك طبقة من الخرسانة المسلحة 6 أسفلها طبقة من الحصى 5 ثم التراب 4 ، أما في الشكل (ب) فتوضع ألواح أرضية غرف التبريد أو التجميد على بلاطات خرسانية سمكها 30 mm (8) وأسفلها طبقة من الخرسانة المسلحة 6 سمكها



الشكل (٩-١٢)

aيعتمد على خواص التربة وأسفلها طبقة من الحصى 5 ثم طبقة من التراب 4 .

والشكل (٩-١٢) يبين طريقة إعداد أرضية غرف التبريد والتجميد إذا كانت المنتجات المحفوظة بداخل الغرفة تعمل على إحداث توزيع غير منتظم للأحمال على الأرضية وهي لا تختلف عن الشكل (٩-١١ أ) إلا أنه توضع بداخل غرفة التبريد أو التجميد طبقة مونة مسلحة لإعادة توزيع القوة على أرضية الثلاجة أو الفريزر ويحيط بهذه الطبقة موانع تسرب من جميع الجوانب

حيث أن :-

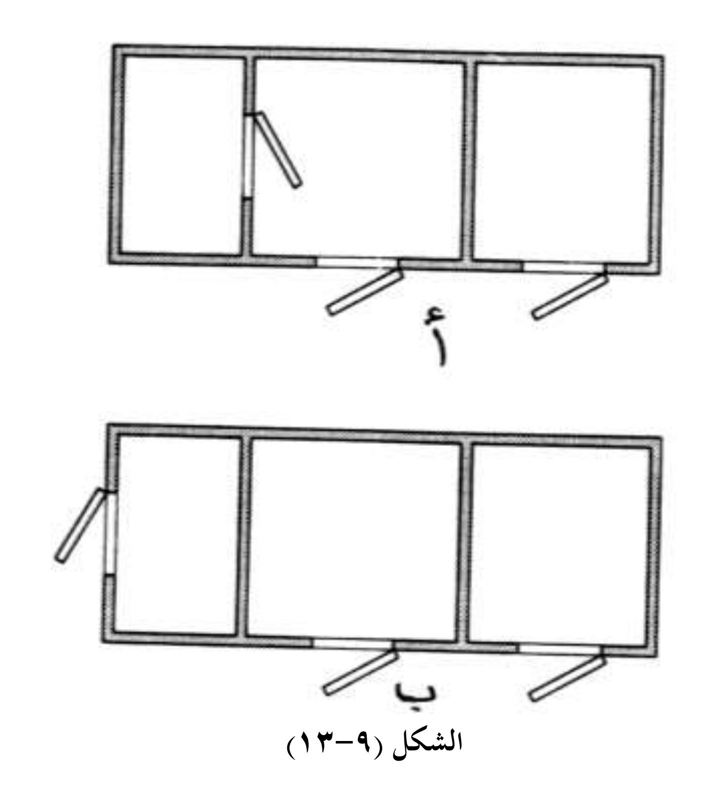
موانع تسريب مرنة 1
طبقتين من البوتومين لمنع انتقال بخار الماء 2
وصلات مرنة قابلة للتمدد 3

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

أرضية غرفة التبريد أو التجميد	4
خرسانة مسلحة	5
طبقة من التراب	6
طبقة من الحصى	7
خرسانة مسلحة	8
طبقة من بلاط الأرضية بها شبكة من السخانات ($10\ W/m^2$)	9

٩-١-٤ التنظيمات المختلفة لغرف التبريد والتجميد

يمكن تقسيم غرف التبريد أو التجميد داخليا لعدة غرف كلا منها لها درجة حرارة مستقلة بها ، والشكل (٩-١٣) يعرض نموذجين لغرف تبريد سمكها 100 mm مقسمة داخليا لثلاثة غرف ،

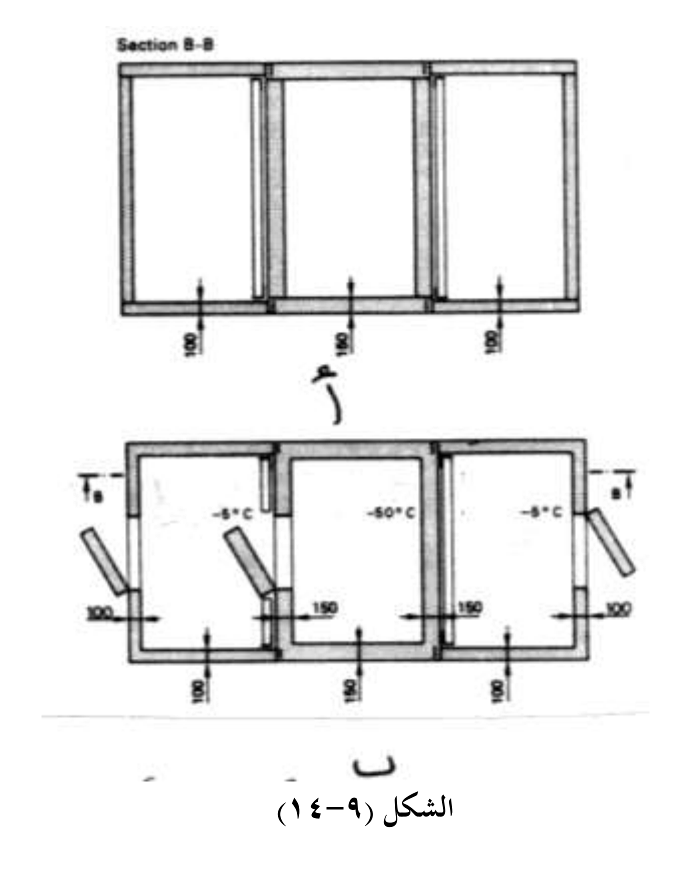


الشكل (٩-١٣)

ففي الشكل (أ) غرفة تبريد مقسمة داخليا لثلاثة غرف اثنين منهما لهما باب خارجي مستقل والغرفة الثالثة لها باب داخلي ويمكن دخولها من الغرفة الثانية .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

وفي الشكل (ب) غرفة تبريد مقسمة داخليا لثلاثة غرف لكل منها باب خارجي خاص بها ، والشكل (٩-١٤) يعرض المسقط الرأسي والأفقي لغرفة تبريد مقسمة داخليا لثلاثة غرف الغرفتين الخارجيتين غرف تبريد تعمل عند 5^0C – والغرفة المتوسطة غرفة تجميد عميق تعمل عند50^0C – وبهذه الطريقة يمكن تقليل الفقد في الطاقة خصوصا لغرفة التجميد العميق ويلاحظ أيضا أن سمك جدران غرف التبريد 100 mm وسمك جدران غرفة التجميد العميق 150 mm وللغرفتين الخارجيتين باب مستقل لكلا منهما أما الغرفة المتوسطة فيمكن دخولها من الغرفة اليسرى إذ أن لها باب داخلي في الغرفة اليسرى .



الشكل (٩-١٤)

والشـكل (٩-١٥) يعـرض المسـقط الرأسي والأفقي لغرفة تبريد مقسمة داخليا لثلاثة غرف الأولى غرفة تجميد تعمل عند -50^0C والثانية غرفة تجميد تعمل عند - 25^0C والثالثة غرفة تبريد وتعمل عند - 5^0C وسمك جدار غرفة التجميد الأولى 150 mm في حين أن سمك غرفة التجميد الثانية وغرفة التبريد الثالثة 100 mm فقط وارتفاع غرفة التجميد الأولى أعلى من ارتفاع الغرفتين الأخريين ولكل غرفة باب خارجي مستقل .

الشكل (٩-١٥)

والشـكل (٩-١٦) يعـرض نمـوذج للأرفف الداخلية التي يمكن وضعها داخل غرفة التبريد أو التجميد (شركة Viessmann) .

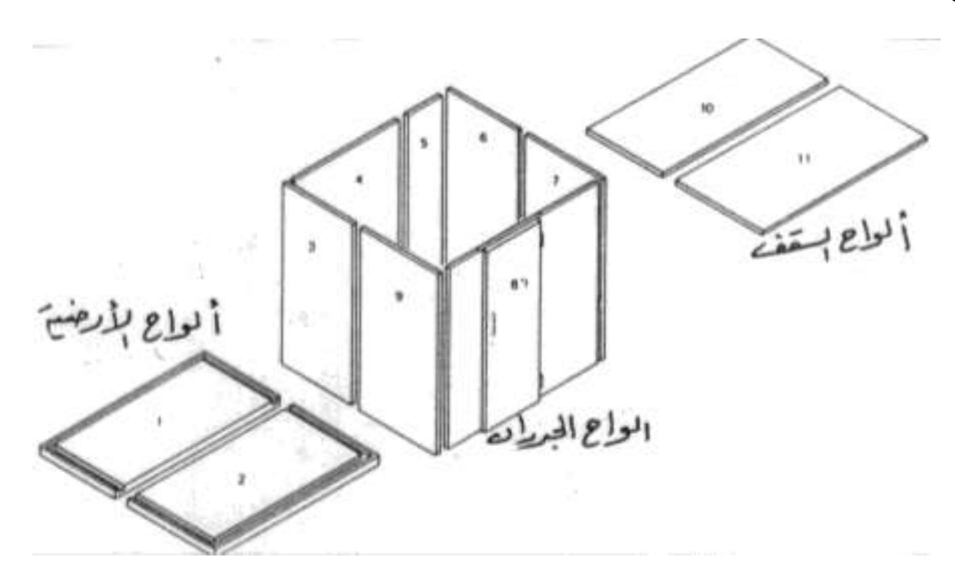


الشكل (٩-١٦)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٩-١-٥ مراحل تجميع غرفة تبريد سابقة التجهيز

الشكل (٩-١٧) يبين خطوات تجميع غرفة تبريد أبعادها (2750 mm * 2400 * 15000)من إنتاج شركة Viessmann .



الشكل (٩-١٧)

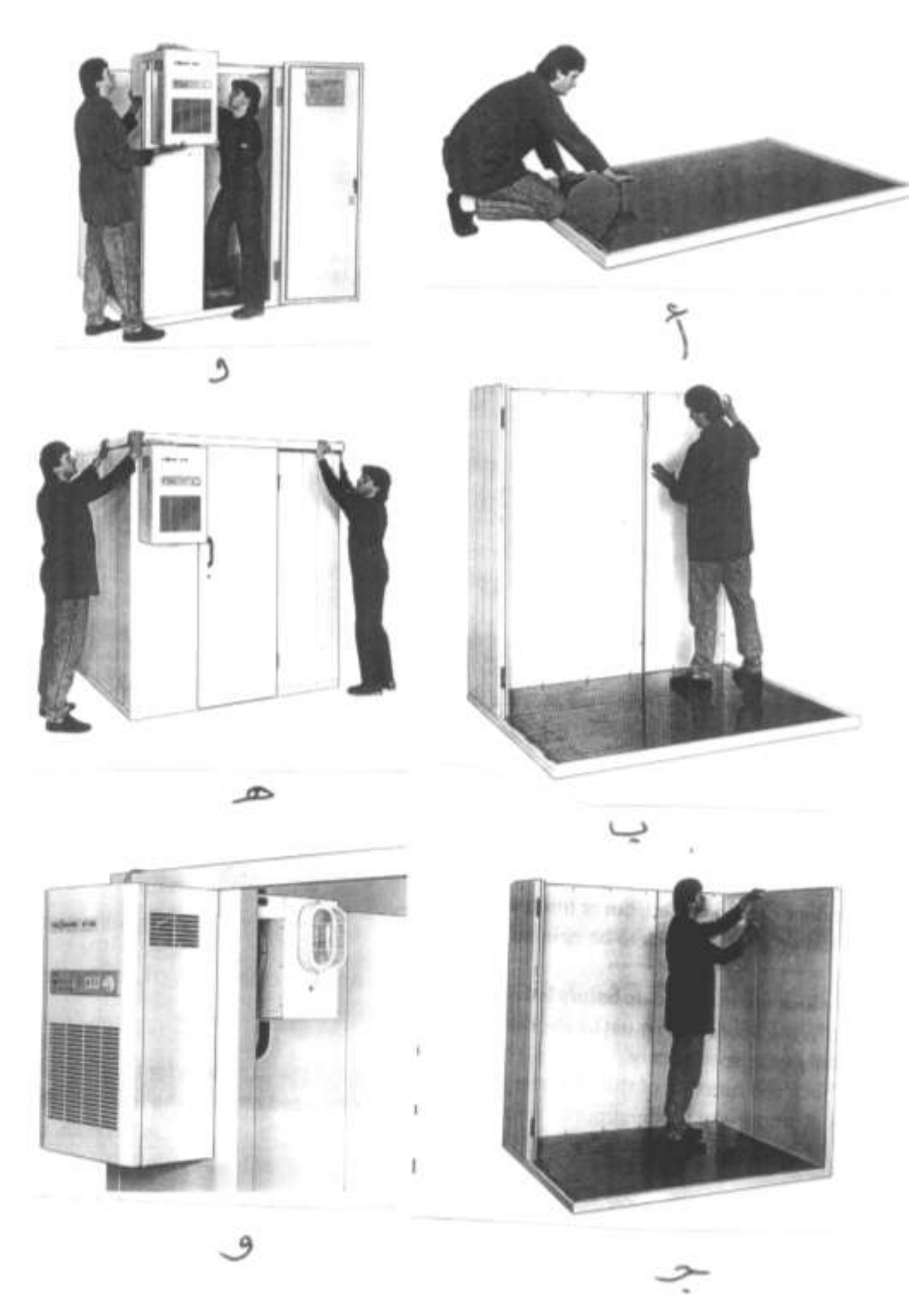
فالشكل (أ) يبين طريقة تجميع ألواح الأرضية .

والشكل (ب ، ج) يبين طريقة تجميع ألواح الحوائط .

والشكل (د) يبين طريقة تعليق وحدة التبريد .

والشكل (هـ) يبين طريقة تجميع ألواح السقف .

والشكل (و) يبين الجزء الداخلي لوحدة التبريد بعد تعليقها على الحائط .



الشكل (٩-١٨)

٩–٢ جداول الاختيار السريع لغرف التبريد

الجدول (٩–٢) يبين السعات التبريدية بالكيلو وات لغرف تبريد وتجميد لها أبعاد مختلفة وتعمل عند درجات حرارة 4^0C , 0^0C , -10^0C , -20^0C , -30^0C .

الجدول (٩–٢)

الأبعاد(الارتفــــاع * العرض * الطول) m*m*m	4^0C	0^0C	-10^0C	-20^0C	-30^0C
1 * 1.5 * 2	1036	1019	909	976	1080
1 * 2 * 1	1256	1230	1089	1165	1291
1.5 * 2 * 2	1670	1631	1383	1474	1637
2 * 2 * 2	2035	1985	1668	1904	2105
2.5 * 2 * 2	2578	2507	2137	2265	2508
3 * 2 * 2	2983	2898	2440	2584	2864
3.5* 2 * 2	3354	3251	2726	2883	3199
4 * 2.12 * 2	3910	3782	3152	3331	3700
4 * 2.7 * 2.3	4700	4551	3486	3982	4399
4 * 2.72 * 2.3	5487	5300	4353	4580	5080
4 * 3.26 * 2.3	6332	6177	4999	5261	5847
4 * 3.8 * 2.3	7200	9639	5624	5917	6586
5 * 3.48 * 2.3	8060	7761	6277	6895	7360
5 * 3.91 * 2.3	9050	8714	6730	7373	8205
5 * 4.35 * 2.3	9852	9476	7329	8003	8916
5 * 4.8 * 2.5	11417	10974	8703	9146	10216
6 * 4.67 * 2.5	13022	12502	9859	10359	11588
7 * 4.57 * 2.5	14598	13999	11005	11560	12945
7 * 5.14 * 2.5	16191	16361	12123	13573	14272
7 * 5.71 * 2.5	18608	17866	13241	14746	16439
7 * 6.61 * 2.7	22379	21465	16651	17445	19511
8 * 6.94 * 2.7	25820	24719	19048	19982	22436
9 * 7.2 * 2.7	29622	28340	21709	22776	25610
10 * 6.67 * 3	33870	32427	24072	25275	28480
10 * 8.33 * 3	41157	39351	29214	31422	35375
12 * 8.33 * 3	49486	47320	35081	36805	41501
14 * 8.33 * 3	56154	53634	39421	42339	47777
15 * 7.62 * 3.5	62890	60082	43807	46994	53157
15 * 9.52 * 3.5	78614	75140	54446	58699	66337

وتستخدم مادة عازلة مصنوعة من البولى يورثان الرغوي Poly Urethane Foamed في صناعة جدران هذه الغرف والجدول (٩-٣) يبين سمك الطبقة العازلة المصنوعة من البولى يورثأن الرغوي إذا كانت درجة الحرارة الجافة الخارجية 35^0C والرطوبة النسبية 60 % وكذلك استخدام غرفة التبريد تبعا لدرجة الحرارة الداخلية لها .

الجدول (٩-٣)

درجة الحرارة الداخلية ^0C	4^0C	0^0C	-10^0C	-20^0C	-30^0C
السمك mm	75	100	100	150	175
الاستخدام	الخضروات ومنتجات الألبان	اللحوم الطازجة والمجمدة	اللحوم المجمدة لمدة قصيرة	الأطعمة المجمدة لمدة قصيرة	الأطعمة المجمدة لمدة طويلة

والجدير بالذكر أن وزن المنتج الذى يدخل يوميا لهذه الغرف يجب ألا يزيد عن ($45\ kg/m^3$) وزمن دوران الضاغط في اليوم حوالي (18 : 16) ساعة وحمل الإضاءة ($10\ W/m^2$) من مساحة غرفة التبريد .

٩-٣ حسابات حمل التبريد

هناك عدة أحمال تأخذ في الاعتبار عند حساب حمل تبريد غرفة تبريد وهم كما يلي :-

١- الحرارة المنتقلة عن طريق الجدران الخارجية لغرفة التبريد وكذلك أرضية وسقف الغرفة .

٢- الحرارة المنتقلة من داخل غرفة التبريد لخارجها نتيجة لتغير هواء غرفة التبريد .

٣- حمل المنتج وينقسم إلي :

أ- حمل حراري للمواد المخزونة قبل التجميد .

ب- حمل حراري للمواد المخزونة للوصول لدرجة التجميد المطلوبة عندما تكون درجة حرارة غرفة التبريد أقل من 0^0C .

ج-الحرارة الكامنة للمنتج (عندما تكون درجة حرارة غرفة التبريد أقل من 0^0C)

د- الحمل الحراري الناتج عن تنفس المنتج (عندما يكون المنتج أحد الخضروات أو الفواكه).

٤- الحمل الحراري للإضاءة والأشخاص المتواجدين داخل غرفة التبريد أو التجميد .

٥- الحمل الحراري نتيجة لوجود محركات كهربية تشغل أحمال سواء كانت بداخل أو خارج غرفة التبريد أو التجميد .

٦- الحمل الحراري الناتج من مراوح المبخر .

والجدير بالذكر أن زمن تشغيل الإضاءة داخل غرف التبريد أو التجميد يساوى زمن تواجد الأشخاص داخل غرفة التبريد أو التجميد وذلك لأنه يوجد مفتاح نهاية مشوار Limit Switch في باب الغرفة فبمجرد فتح باب الغرفة تضئ لمبات الإضاءة . وبخصوص الخضراوات والفواكه فهي تعتبر حية حتى بعد وضعها داخل غرفة التبريد أو التجميد وينتج عن ذلك حرارة تنفس تأخذ في الاعتبار عند حساب أحمال التبريد لغرفة التبريد وعادة يتم تشغيل دورة التبريد لغرفة التبريد أو التجميد زمن يتراوح ما بين 20 : 16 ساعة لذلك فبعد تعيين الحمل الكلى لغرفة التبريد أو التجميد يضرب في (24/16 = 1.5) وذلك لاعتبار أن زمن عمل دورة التبريد لغرف التبريد أو التجميد 16 ساعة بدلا من 24 ساعة كل يوم .

ولإمكانية حساب حمل التبريد أو التجميد نحتاج للجداول التالية :-

١- جدول خواص المواد العازلة .

٢- جدول تعيين عدد مرات تغيير الهواء كل أربع وعشرون ساعة .

٣- جدول تعيين الحرارة المزالة تبعا لدرجة الحرارة والرطوبة النسبية داخل غرفة التبريد أو التجميد .

٤- جدول تعيين الحرارة المتولدة من الأشخاص .

٥- جدول تعيين أحمال الإضاءة الداخلية تبعا لمساحة الأرضية .

٦- جدول تعيين أحمال المراوح تبعا للسعة التبريدية لغرف التبريد أو التجميد .

٧- جدول تعيين الحرارة المشعة من المحركات تبعا لقدرة المحرك ومكان وجود المحرك وحمله .

٨- جدول تعيين الحرارة النوعية ودرجة حرارة التجمد للمنتجات المختلفة .

٩- جدول تعيين درجة حرارة التنفس كل يوم للخضراوات والفواكه المختلفة .

١٠-جدول تعيين الحرارة الجافة DB والرطبة WB للبلدان العربية .

والجدول (٩-٣) يبين خواص المواد العازلة .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الجدول (٩-٣)

المادة العازلة	الكثافة (kg/m^3)	معامل انتقال الحرارة (W/m^2k^0) سمك 75 mm
بولي يوريثان رغوي	40	0.28
	48	0.54
بولي يوريثان خلوي	32	0.46
بولي استيرين	64	0.5
	88	0.52
ألواح فلينية	110	0.54
	145	0.64
	190	0.74
فلين محبب	90	0.52
صوف زجاجي ليفي	80	0.5
صوف زجاجي مترابط	60	0.5
ألواح صوف خشبي	480	1.4
خرسانة بسمك 100 mm	-	3.1
خشب بسمك 25 mm	-	2.3

ويمكن معرفة معامل انتقال الحرارة لأي سمك باستخدام العلاقة التالية

$$U_1 = U_2 X_2 / X_1$$

حيث أن :-

سمك العازل الذي معامل انتقال الحرارة له (U_1) هو X_1

سمك العازل الذى معامل انتقال الحرارة له (U_2) هو X_2

مثال :- أوجد معامل انتقال الحرارة للبولي يوريثان الرغوي الذى سمكه 175 mm .

من الجدول (٩-٣) فإن معامل انتقال الحرارة للبولى يوريثأن الرغوي الذى سمكه 75 mm هو 0.28 وبالتالي فإن معامل انتقال الحرارة للبولى يوريثان الرغوي الذى سمكه 175 mm يساوى :- = U

$$U_2 X_2 / X_1 = 0.28 * 75 / 175$$
$$= 0.12\ W/m^2\ {}^0k$$

والجدول (٩-٤) يعطى عدد مرات تغيير الهواء كل يوم علما بأن :-

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

١- عند التخزين لمدة طويلة تضرب القيم المختارة من الجدول في 0.6 .

٢- عند الاستعمال الخفيف تضرب القيم المختارة من الجدول في 0.8 .

٣- عند الاستعمال العادي تضرب القيم المختارة من الجدول في 1.5 .

٤- عند الاستعمال الشديد تضرب القيم المختارة من الجدول في 2 .

مثال :- ما هي عدد مرات تغيير الهواء لغرفة تبريد حجمها $1000\ m^3$ إذا كانت درجة حرارة الغرفة 4^0C علما بأن استعمال هذه الغرفة يعتبر استعمالا شديدا .

من الجدول (٩-٤) عندما تكون درجة حرارة التخزين أعلى من 0^0C فإن عدد مرات تغيير الهواء كل يوم والمقابل لحجم $1000\ m^3$ يساوى 2.4 مرة ونتيجة الاستعمال الشديد يصبح عدد مرات تغيير الهواء في اليوم تساوى :- ($2 * 2.4 = 4.8$)

الجدول (٩-٤)

درجة حرارة التخزين أقل من 0 ^{0}C				**درجة حرارة التخزين أعلى من 0 ^{0}C**			
الحجم m^3	**عدد مرات تغيير الهواء**	**الحجم m^3**	**عدد مرات تغيير الهواء**	**الحجم m^3**	**عدد مرات تغيير الهواء**	**الحجم m^3**	**عدد مرات تغيير الهواء**
2.5	52	200	4.6	2.5	70	200	6
3	47	250	4.1	3	63	250	5
4	40	300	3.7	4	53	300	4.5
5	35	400	3.1	5	47	400	4
7.5	28	500	2.8	7.5	38	500	3.6
10	24	800	2.1	10	32	800	2.8
15	19	1000	1.9	15	26	1000	2.4
20	16	1500	1.5	20	22	1500	1.9
25	14	2000	1.3	25	19	2000	1.6
30	13	2500	1.1	30	17	2500	1.4
40	11.5	3000	1	40	15	3000	1.3
50	10	3500	0.9	50	13	3500	1.2
60	9	4000	0.8	60	12	4000	1.1
80	7.7	5000	0.7	80	10	5000	1.0
100	6.8			100	9		
150	5.4			150	7		

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

والجدول (٩–٥) يعطى الحرارة المزالة عند التبريد تبعا لدرجة الحرارة داخل غرفة التبريد أو التجميد وكذلك الرطوبة النسبية داخل غرفة التبريد أو التجميد .

الجدول (٩–٥)

درجة الحرارة داخل غرفة التبريد C^0		5	0	- 5	- 10	-15	-20	-25	-30
الرطوبة النسبية داخل الثلاجة		80	85	90	90	90	90	90	–
الحرارة المزالة Kj/m	30^0C	72	84	94	106	116	128	138	148
	35^0C	96	109	120	132	144	154	166	176
	40^0C	128	142	153	166	178	190	202	214

والجدول (٩–٦) يعطى الطاقة المتولدة من الأشخاص تبعا لدرجة الحرارة الداخلية لغرفة التبريد أو التجميد ونوع الشغل الذى يؤديه الشخص .

والجدول (٩–٦)

درجة حرارة داخل غرفة التبريد C^0	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
الطاقة المتولدة من شخص يبذل شغل عادى Kj	230	240	250	260	270	280	290	300
الطاقة المتولدة من شخص يؤدى شغل ثقيل Kj	315	330	345	360	375	405	405	420

والجدول (٩– ٧) يعطى حمل الإضاءة تبعا للمساحة الداخلية لغرفة التبريد أو التجميد .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الجدول (٩-٧)

المساحة الداخلية m^2	إلى 10	10 : 20	20 : 50	50:100	اكبر من 100
حمل الإضاءة w	30	25	20	15	10

والجدول (٩-٨) يعطى أحمال المراوح تبعا للسعة التبريدية لغرف التبريد أو التجميد .

الجدول (٩-٨)

قدرة المراوح w	تصل إلى 600	600:1500	1500: 3000	3000: 6000	6000: 12000	12000: 24000	24000: 36000
سعة التبريد w	60	125	250	550	840	1680	2420

والجدول (٩-٩) يعطى الحرارة المشعة من المحركات بوحدة k w لكل k w من قدرة المحرك عند أوضاع مختلفة للمحرك وحمل المحرك .

الجدول (٩-٩)

قدرة المحرك kw	المحرك والحمل داخل الغرفة	المحرك والحمل خارج الغرفة	المحرك داخل والحمل خارج الغرفة
0 : 0.4	0.92	0.55	0.37
0.4 : 2.5	0.8	0.55	0.25
2.5 : 15	0.65	0.55	0.1
أكبر من 15	0.63	0.55	0.08

مثال :-إذا كانت قدرة المحرك 4 k w وكأن المحرك والحمل موضوع بداخل غرفة التبريد فإن الحرارة المعادلة لهذا المحرك والحمل تساوى $= 4 * 0.63 = 2.52$ k w

والجدول (٩-١٠) يعطى بيانات فنية عن تخزين المنتجات المختلفة

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الجدول (٩-١٠)

أ- منتجات الألبان

المنتج	الرطوبة النسبية %	درجة حرارة التخزين ^{0}C	درجة حرارة التجمد ^{0}C	مدة التخزين يوم D أسبوع W شهر m	الحرارة النوعية kj/kg قبل التجميد	الحرارة النوعية kj/kg بعد التجميد	الحرارة الكامنة kj/kg
الزبدة	80:85	0:-4.5	-5	1:3m	1.38	_	53
الزبدة المجمدة	70:85	-15:20	-5	8:12m	-	1.05	_
الجبن الأزرق	80:90	+2:+4	-16	2:4m	2.68	1.35	135
الجبن كريم	-	0:+2	-	2:3w	2.95	1.45	170
جبن شيدر	65:70	-1:+2	-12	3:12m	2.1	1.3	126
جبن سويسرى	80:85	+2:+4	-10	4:10m	2.6	1.35	130
دوبل كريم	-	+1:+3	-2	2:5D	3.69	1.85	270
كريم مجمد	-	-20:-30	_	2:3m	1.7	_	_
آيس كريم	_	-20:-30	_	1:2m	2.3	1.63	207
لبن	منخفضة	+7:+13	_	1:4m	1.75	0.88	_

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

جاف							
لبن مكثف	–	+4:+7	-15	2:4m	2.4	1.19	93
لبن مبخر	–	+5:+20	-2	6:12m	3.5	1.7	246
لبن مبستر	–	+0.5:+2	-0.5	5:7D	3.8	1.9	290

ب–اللحوم والأسماك

المنتج	**الرطوبة النسبية %**	**درجة حرارة التخزين ^{0}C**	**درجة حرارة التجمد ^{0}C**	مدة التخزين **يوم D أسبوع W شهر m**	الحرارة النوعية **KJ/Kg.^{0}C**		الحرارة الكامنة KJ/KG
					قبل التجمد	**بعد التجمد**	
لحم بقر	88:92	0:+1	-2	3:10D	3.2	–	231
لحم بقر مجمد	90:95	-15:-25	–	9:12m	–	1.67	–
لحم ضأن	85:90	0:+1	-2	5D:12D	3	–	216
لحم ضأن مجمد	90:95	-15:-25	–	9m:10m	–	1.86	–
دجاج طازج	85:90	0:+10	-3	4:6D	3.3	1.3	2.46
دجاج	90:95	-15:-20	–	8:12m	–	1.76	–

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

مجمد							
أرانب طازجة	90:95	-15:-25	–	0:6m	–	1.67	–
سجق طازج	85:90	0:+1	-2	3:12D	3.72	–	216
سجق مجمد	90:95	-15:-25	–	2:6m	–	2.34	–
لحم عجل طازج	90:95	0:+1	-2	5:10D	3.08	–	223
لحم عجل مجمد	90:95	-15:-25	–	8:10m	–	1.67	–
لحم غزال طازج	85:90	0:+1	-2	3:7D	3.05	–	220
لحم غزال مجمد	90:95	-15:-25	–	3:4m	–	1.6	–
سمك طازج	85:90	+0.5:+2	-2	6:10D	3.26	1.74	245
رنجة مدخنة	50:60	4.5:+10	-2	3:4m	2.93	1.63	213

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

المنتج	الرطوبة النسبية %	درجة حرارة التخزين ^{0}C	درجة حرارة التجمد ^{0}C	مدة التخزين يوم D أسبوع W شهر m	الحرارة النوعية KJ/Kg.^{0}C قبل التجمد	الحرارة النوعية KJ/Kg.^{0}C بعد التجمد	الحرارة الكامنة KJ/Kg
سمك رنجة	90:95	-20:-88	_	6:10m	_	1.74	245
القشريات	85:95	-1:+0.5	-2	3:7D	3.62	_	277

تابع الجدول (٩-١٠)

المنتج	الرطوبة النسبية %	درجة حرارة التخزين ^{0}C	درجة حرارة التجمد ^{0}C	مدة التخزين يوم D أسبوع W شهر m	الحرارة النوعية KJ/Kg.^{0}C قبل التجمد	الحرارة النوعية KJ/Kg.^{0}C بعد التجمد	الحرارة الكامنة KJ/Kg
القشريات مجمدة	90:95	-20:-30	_	3m:6m	_	1.88	277
سمك مجمد	_	-20:-28	_	9m:12m	_	1.7	_

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

ج- الخضراوات والفواكه

المنتج	الرطوبة النسبية %	درجة حرارة التخزين ^0C	درجة حرارة التجمد ^0C	مدة التخزين يوم D أسبوع W شهر m	الحرارة النوعية kj/kg		الحرارة الكامنة kj/kg
					قبل التجمد	بعد التجمد	
تفاح	90:98	-1:+3	-1.5	1:6m	3.64	1.88	281
مشمش	90:95	-0.5:0	-1	1:2w	3.68	1.92	284
خرشوف	90:95	-0.5:0	+1	1:2w	3.64	1.88	2.8
موز	90:95	+13:+15	-1	5:10D	3.35	1.76	251
فول أخضر	90:95	+4:+7	-0.5	7D:10D	3.81	1.97	298
كرنب ملفوف	90:95	0:+2	-1	3:4m	3.94	1.97	307
جزر	90:95	0:+21	-1	1w:2w	3.68	1.88	280
قرنبيط	90:95	0:+2	-1	2:4w	3.89	1.97	30
كرفس	90:95	0:+2	-1	2:3m	3.98	2.01	314
جوز هند	80:85	0:+2	-0.8	1m:2m	2.43	1.43	–
خيار	90:95	+7:+10	-0.5	9:14D	4.06	2.05	319
بلح مجفف	60:75	+18:+20	-16	6m:12m	1.51	1.08	67
باذنجان	90:95	0:+2	-1	2w:4w	4.0	2.01	312
تين مجفف	50:60	0:+4	-12	9m:12m	1.63	1.13	80

تابع الجدول (٩–١٠)

المنتج	الرطوبة النسبية %	درجة حرارة التخزين ^{0}C	درجة حرارة التجمد ^{0}C	مدة التخزين يوم D أسبوع W شهر m	الحرارة النوعية kj/kg قبل التجمد	الحرارة النوعية kj/kg بعد التجمد	الحرارة الكامنة kj/kg
جريب فروت	85:90	+10:+16	-1	4w:6w	3.81	1.93	293
عنب	85:90	-1:+1	-2	1m:6m	3.6	1.84	270
فجل حار	90:95	0:+2	-2	1:3w	3.55	1.79	251
كرات	90:95	0:+2	-1.5	1m:3m	3.68	1.93	293
ليمون	86:88	+4:+15	-1.5	1m:6m	3.81	1.93	295
خس	95:98	0:+1	0	2w:3w	4.02	2.0	316
مانجو	90:95	0:+2	-1	1m:3m	3.7	1.86	271
كوسة	90:95	+10:+13	0	5D:14D	3.97	2.03	314
بطيخ	85:90	7:10	-1	3w:4w	3.94	2.0	307
شمام	85:90	+2:+4	-1	5D:15D	3.89	2.0	307
زيت زيتون	85:90	+12:+5	-1.5	4w:6w	3.35	1.76	251
برتقال	85:90	0:+10	-1	1m:3m	3.77	1.92	288
جزر أبيض	90:95	0:+2	-1	2m:6m	3.52	1.84	260

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

المنتج	الرطوبة النسبية %	درجة حرارة التخزين ^0C	درجة حرارة التجمد ^0C	مدة التخزين يوم D أسبوع W شهر m	الحرارة النوعية kj/kg قبل التجمد	الحرارة الكامنة kj/kg بعد التجمد	الحرارة الكامنة kj/kg
خوخ	88:92	-1:+1	-1	2w:4w	3.77	1.42	288
كمثرى	90:95	-1:0	-1.5	2w:7w	3.6	1.88	275
فلفل حلو	90:95	+7:+10	-1	2w:3w	3.94	1.97	307
برقوق	90:95	-1:+1	-1	2w:4w	3.68	1.88	274
رمان	80:90	0:+1	-3	2w:4w	3.73	1.87	275
بطاطس	90:95	+10:+13	-1	2m:3m	3.56	1.86	270
توت	90:95	-0.5:0	-5	2D:3D	3.56	1.86	284
سبانخ	٩٠:٩٥	0:+2	-0.5	9D:14D	3.94	2	307
الفراولة	90:95	-0.5:+0	-0.5	5D:7D	3.85	1.76	300
يوسفي	85:90	0:+3	-1	2w:4w	3.77	1.93	290
طماطم خضراء	85:90	+13:+21	-0.5	1w:3w	3.98	2.0	312
طماطم طازجة	85:90	+7:+10	-0.5	4D:7D	3.94	2.0	312
لفت	90:95	0:+10	-1	4m:5m	3.89	1.97	302

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

تابع الجدول (٩–١٠)

المنتج	الرطوبة النسبية %	درجة حرارة التخزين ^0C	درجة حرارة التجمد ^0C	مدة التخزين يوم D أسبوع W شهر m	الحرارة النوعية kj/kg		الحرارة الكامنة kj/kg
					قبل التجمد	بعد التجمد	
بطاطا	90:95	+2:+9	-1	3m:6m	3.53	1.77	248
بصل	65:70	_	-1	1m:8m	3.37	1.93	286

د– مواد مختلفة أخرى

المنتج	الرطوبة النسبية %	درجة حرارة التخزين ^0C	درجة حرارة التجمد ^0C	التخزين يوم D أسبوع W شهر m	الحرارة النوعية KJ/KG		الحرارة الكامنة KJ/KG
					قبل التجمد	بعد التجمد	
دم	–	+2:+4	–	4D:8D	–	–	–
خبز محمر	90:95	-15:-25	_	4m:6m	2.93	1.42	1.15
عصائر	80:90	+5:+15	-1	2m:4m	3.65	1.85	290
عسل نحل	–	+1:+10	_	12m	2.1	1.7	60
ثلج	70:80	+1:+2	_	9:12m	1.34	1.05	51
بندق– لوز	80:85	+2:+5	-5	1m:5m	1.8	0.9	15

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

تابع الجدول (٩–١٠)

المنتج	الرطوبة النسبية %	درجة حرارة التخزين ^{0}C	درجة حرارة التجمد ^{0}C	مدة التخزين يوم D أسبوع W شهر m	الحرارة النوعية KJ/KG		الحرارة الكامنة KJ/KG
					قبل التجمد	بعد التجمد	
أرز	60:70	+3:+6	-2	4m:6m	0.9	0.5	15
بقوليات مجمدة	60:70	-18:-20	–	12m:48m	–	–	–
بقوليات	60:70	+2:+4	–	4w:10w	–	–	–
خميرة	70:80	0:+2	-4	1w:3w	3.45	1.7	240

والجدول (٩–١١) يعطى حرارة التنفس كل يوم للخضراوات والفواكه .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الجدول (٩-١١)

المنتج	حرارة التنفس كل يوم kj/kg			المنتج	حرارة التنفس كل يوم kj/kg		
	$0^{0}C$	$5^{0}C$	$10^{0}C$		$0^{0}C$	$5^{0}C$	$10^{0}C$
تفاح	0.9	1	–	مانجو	3.2	4.1	12
مشمش	1.3	1.9	4.5	كوسة	–	–	6.1
خرشوف	6.1	8.2	14	شمام	–	1.7	2.1
موز	–	–	9	بطيخ	–	2.1	3.9
فول أخضر	–	12	17	زيت زيتون طازج	1	3	7.5
كرنب ملفوف	2.3	2.6	3.8	برتقال	1.08	1.8	3.3
جزر	2	3	4	جزر أبيض	1.35	2.7	7.2
قرنبيط	4.5	6.3	12	خوخ	1.34	1.95	4.3
كرفس	1.9	2.7	5.1	كمثرى	1	2.2	3.1
ليمون	–	–	4.1	فلفل حلو	–	2.7	3.1
توت	–	1.2	1.7	برقوق	0.64	1.7	2.6
خيار	–	–	5.9	رمان	0.9	1.3	2.6
خس	2.7	3.4	5.6	بطاطس جديدة	–	–	3.0
بطاطس	–	3.1	4.3	توت	5.1	8.6	10
بصل	1.0	1.3	1.9	سبانخ	5.1	11	21
جريب فروت	–	–	3	فراولة	3.7	5.8	19
عنب	0.4	1.1	1.7	يوسفي	1.1	1.9	3.9

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

فجل حار	2.1	2.9	7.0	طماطم خضراء	–	–	5
لفت	2.5	2.9	4.1	طماطم ناضجة	–	–	7
الكرات	2.8	6.1	15	بطاطا	–	4.2	6

والجدول (٩-١٢)يعطي درجات الحرارة الجافة D B والرطبة W B لبعض البلدان العربية .

الجدول (٩-١٢)

البلد	**الدولة**	**درجة الحرارة الجافة(^{o}C) D B**	**درجة الحرارة الرطبة(^{o}C) W B**
القاهرة	مصر	38	24
الإسكندرية		33	26
المنصورة		35	25
بورسعيد		34.5	26
أسوان		49	27
المنيا		41	24
سوهاج		46	24
الخرطوم	السودان	40	25
بنى غازي	ليبيا	34.5	25
الجزائر	الجزائر	33.5	24.5
الرياض جدة الظهران	السعودية	42.5 39.5 43.5	25 29 29.5
الكويت	الكويت	45	31
عمان	الأردن	34.5	21
بيروت	لبنان	33	25

البلد	الدولة	درجة الحرارة الجافة D B (^oC)	درجة الحرارة الرطبة W B(^oC)
دمشق	**سوريا**	37	22
عدن	**اليمن**	38	28
المنامة	**البحرين**	42	33
مسقط	**عمان**	43	34
الشارقة	**الإمارات العربية**	44	34
بغداد **البصرة**	**العراق**	47 46	24 29

تعريفات :

درجة الحرارة الجافة (D B) :

هي درجة الحرارة التي تقاس بترمومتر عادى وهي لا تتأثر بمقدار الرطوبة الموجودة في الهواء .

درجة الحرارة الرطبة (W B) :

هي درجة الحرارة التي تقاس بترمومتر انتفاخه الزئبقي محاط بقطعة من القطن المشبع بالماء. والجدير بالذكر أن درجة الحرارة الرطبة (W B) تكون أقل من درجة الحرارة الجافة (D B) ويزيد الفرق بينهما كلما ازدادت الرطوبة النسبية للهواء .

الرطوبة النسبية (R H) :

وهي النسبة بين وزن بخار الماء الموجود في متر مكعب من الهواء إلى وزن بخار الماء اللازم لتشبع متر مكعب من الهواء تحت نفس الظروف من الضغط ودرجة الحرارة .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٩-٣-١ حساب حمل التبريد عند درجات الحرارة الأكبر من $0\ ^0C$

(نموذج حساب حمل التبريد عند درجات الحرارة الأكبر من **$0\ ^0C$**)

القيمة	ملاحظات	الوحدة	الرمز	الكمية	المسلسل
				أبعاد غرفة التبريد	1
		m	l	الطول الداخلي	
		m	w	العرض الداخلي	
		m	h	الارتفاع الداخلي	
	$L = l + 2X$	m	L	الطول الخارجي	
	$W = w + 2X$	m	W	العرض الخارجي	
	$H = h + 2X$	m	H	الارتفاع الخارجي	
				نوع العازل	2
		mm	X	سمك العازل	3
	من الجدول (٩-٣)	W/m^2k	U	معامل انتقال الحرارة من العازل	4
	من الجدول (٩-١٢)	^0C	t_1	درجة الحرارة الجافة في مدينة	5
	من الجدول (٩-١٠)	^0C	t_2	درجة حرارة غرفة التبريد لتخزين................	6
		kg	m	وزن الحمل اليومي للثلاجة	7
		kg	mt	وزن الحمل الكلي للثلاجة	8
		^0C	t_3	درجة حرارة المنتج قبل دخول الثلاجة	9
	من الجدول (٩-١٠)	J/kg^0C	S_1	الحرارة النوعية قبل التجمد	10

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

(تابع نموذج حساب التبريد عن درجات الحرارة الأكبر من $0\ ^0C$)

المسلسل	الكمية	الرمز	الوحدة	ملاحظات	القيمة
11	الحرارة الناتجة عن التنفس	H_1	J/kg	من الجدول (٩-١١)	
12	الحجم الداخلي لغرفة التبريد	V	m^3	$V = h\ w\ l$	
13	الحرارة المزالة عند التبريد .	H_2	J/m^3	من الجدول (٩-٦)	
14	عدد مرات تغيير الهواء كل يوم .	n		من الجدول (٩-٥)	
15	المساحة الداخلية للثلاجة	A	m^2	$A = l\ w$	
16	القدرة المشعة من الإضاءة لكل متر مربع .	P_1	W/m^2	من الجدول (٩-٨)	
17	عدد الأشخاص بداخل غرفة التبريد .	N			
18	زمن تواجد الأشخاص بداخل غرفة التبريد يوميا .	T_1	hr		
19	الحرارة المشعة من الشخص.	H_3	W	من الجدول (٩-٧)	
20	قدرة المحركات بداخل أو خارج غرفة التبريد .	P_2	KW		
21	زمن عمل المحركات .	T_2	hr		
22	الطاقة المشعة لكل كيلو وات من المحرك .	H_4	KW	الجدول (٩-٩)	
23	الحرارة المتنقلة عبر حوائط غرفة التبريد .	Q_1	W	$Q_1 = 2u(LW+LH+HW)(t_1 - t_2)$	
24	الحرارة المزالة نتيجة لتغير الهواء .	Q_2	W	$Q_2 = \frac{H_2\ nv}{86400}$	
25	الحمل الحراري للمواد المخزنة .	Q_3	W	$Q_3 = \frac{m\ S_1(t_3-t_2)}{86400}$	
26	الحمل الحراري الناتج عن تنفس المواد المخزنة .	Q_4	W	$Q_4 = \frac{mt\ H_1}{86400}$	
27	أحمال الإضاءة و الأشخاص .	Q_5	W	$Q_5 = \frac{(P_1A+NH_3)T_1}{24}$	

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

(تابع نموذج حساب التبريد عن درجات الحرارة الأكبر من $0\ ^0C$)

المسلسل	الكمية	الرمز	الوحدة	ملاحظات	القيمة
28	أحمال إضافية .	Q_6	W	$Q_6 = \frac{P_2H_2T_2}{24}$	
29	الحمل الكلي بدون مراوح المبخر	Q	W	$Q = Q_1+Q_2+\ldots.Q_6$	
30	قدرة المراوح .	P	W	من الجدول (٩-٩)	
31	الحمل الكلي للتبريد .	Qt	W	$Qt = (Q+P)\frac{24}{26}$	

مثال :-

المسلسل	الكمية	الرمز	الوحدة	ملاحظات	القيمة
1	أبعاد غرفة التبريد				
	الطول الداخلي	l	m	معطى	2.5m
	العرض الداخلي	w	m	معطى	2m
	الارتفاع الداخلي	h	m	معطى	3m
	الطول الخارجي	L	m	L = l + 2X	2.75m
	العرض الخارجي	W	m	W = w + 2X	2.15m
	الارتفاع الخارجي	H	m	H = h + 2X	3.15m
2	نوع العازل			بولي يوريثان رغوي	
3	سمك العازل	X	mm	معطى	75mm
4	معامل انتقال الحرارة من العازل .	U	$W/m^2\ ^ok$	من الجدول (٩-٣)	$0.28\ w/m^{2o}k$
5	درجة الحرارة الجافة في مدينة المنصورة (مصر)	t_1	^0C	من الجدول (٩-١٢)	35^oC
6	درجة حرارة غرفة التبريد لتخزين فول أخضر	t_2	^0C	من الجدول (٩-١٠)	-4^oC
7	وزن الحمل اليومي للثلاجة	m	kg	معطى	1200kg

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

المسلسل	الكمية	الرمز	الوحدة	ملاحظات	القيمة
8	وزن الحمل الكلي للثلاجة	mt	kg	معطي	4000kg
9	درجة حرارة المنتج قبل دخول الثلاجة .	t_3	^0C	معطي	25^oC
10	الحرارة النوعية قبل التجمد	S_1	J/kg^0C	الجدول (٩-١٠)	3810 J/kg^oC
11	الحرارة الناتجة عن التنفس	H_1	J/kg	الجدول (٩-١١)	12000 J/kg
12	الحجم الداخلي لغرفة التبريد	V	m^3	V = h w l	$15m^3$
13	الحرارة المزالة عند التبريد .	H_2	J/m^3	الجدول (٩-٦)	96000 J/m^2
	عدد مرات تغيير الهواء كل يوم	n		الجدول (٩-٥)	26
15	المساحة الداخلية للثلاجة	A	M^2	A = l w	$6m^2$
16	القدرة المشعة من الإضاءة لكل متر مربع .	P1	W/m^2	الجدول (٩-٨)	$30W/m^2$
17	عدد الأشخاص بداخل غرفة التبريد .	N		معطي	2
18	زمن تواجد الأشخاص بداخل غرفة التبريد يوميا	T_1	hr	معطي	4hr
19	الحرارة المشعة من الشخص.	H_3	W	الجدول (٩-٧)	230 W
20	قدرة المحركات بداخل أو خارج غرفة التبريد .	P_2	KW		–
21	زمن عمل المحركات .	T_2	hr		–
22	الطاقة المشعة لكل كيلو وات من المحرك .	H_4	KW	الجدول (٩-٩)	–

للوصول للفهرس اضغط على Ctrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

المسلسل	الكمية	الرمز	الوحدة	ملاحظات	القيمة
23	الحرارة المتنقلة عبر حوائط غرفة التبريد .	Q_1	W	$Q_1 = 2u(LW+LH+HW)(t_1 - t_2)$	361.4W
24	الحرارة المزالة نتيجة لتغير الهواء	Q_2	W	$Q_2 = \frac{H_2 nV}{86400}$	433W
25	الحمل الحراري للمواد المخزنة	Q_3	W	$Q_3 = \frac{m S_1(t_3-t_2)}{86400}$	1111W
26	الحمل الحراري الناتج عن تنفس المواد المخزنة .	Q_4	W	$Q_4 = \frac{mt H_1}{86400}$	555W
27	أحمال الإضاءة والأشخاص .	Q_5	W	$Q_5=\frac{(P_1A+NH_3)T_1}{24}$	106.6W
28	أحمال إضافية .	Q_6	W	$Q_6 = \frac{P_2H_2T_2}{24}$	
29	الحمل الكلي بدون مراوح المبخر .	Q	W	$Q = Q_1+Q_2+\ldots Q_6$	2567W
30	قدرة المراوح	P	W	من الجدول (٩-٩)	250W
31	الحمل الكلي للتبريد	Qt	W	$Qt = (Q+P)\frac{24}{26}$	4225W

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٩-٣-٢ حساب التبريد عند درجات الحرارة الأقل من $0\ ^0C$

(نموذج حساب التبريد عند درجات الحرارة الأقل من $0\ ^0C$)

المسلسل	الكمية	الرمز	الوحدة	ملاحظات	القيمة
1	أبعاد غرفة التبريد				
	الطول الداخلي	l	m		
	العرض الداخلي	w	m		
	الارتفاع الداخلي	h	m		
	الطول الخارجي	L	m	L = l + 2X	
	العرض الخارجي	W	m	W = w + 2X	
	الارتفاع الخارجي	H	m	H = h + 2X	
2	نوع العازل				
3	سمك العازل	X	mm		
4	معامل انتقال الحرارة من العازل	U	W/m^2k	من الجدول (٩-٣)	
5	درجة الحرارة الجافة في مدينة	t_1	^0C	من الجدول (٩-١٢)	
6	درجة حرارة غرفة التبريد لتخزين................	t_2	^0C	من الجدول (٩-١٠)	
7	خواص الحمل				
	وزنه	m	kg		
	درجة حرارته	t_3	^0C		
	يحتاج لخفض درجة حرارته إلى درجة حرارة تجمده .	t_4 t_5	^0C ^0C	من الجدول (٩-١٠)	
8	الحرارة النوعية قبل التجمد	S_1	J/kg^0C	من الجدول (٩-١٠)	
9	الحرارة النوعية بعد التجمد	S_2	J/kg	الجدول (٩-١٠)	
10	الحرارة الكامنة للمنتج	H_1	J/kg	الجدول (٩-١٠)	
11	حجم غرفة التبريد الداخلية	V	m^3	h w l	

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

(تابع نموذج حساب التبريد عن درجات الحرارة الأكبر من $0\ ^0C$)

المسلسل	الكمية	الرمز	الوحدة	ملاحظات	القيمة
12	الحرارة المزالة عند التبريد .		J/m^3	الجدول (٩-٦)	
13	عدد مرات تغيير الهواء كل يوم .	n		الجدول (٩-٥)	
14	المساحة الداخلية للثلاجة	A	m^2	$A = l\ w$	
15	القدرة المشعة من الإضاءة لكل متر مربع .	P_1	W/m^2	الجدول (٩-٨)	
16	عدد الأشخاص بداخل غرفة التبريد .	N			
17	زمن تواجد الأشخاص بداخل غرفة التبريد يوميا .	T_1	hr		
18	الطاقة المشعة من الشخص.	H_3	W	الجدول (٩-٧)	
19	قدرة المحركات بداخل أو خارج غرفة التبريد .	P_2	KW		
20	زمن عمل المحركات .	T_2	hr		
21	الحرارة المزالة نتيجة لتغيير الهواء.	Q_1	W	$Q_1 = 2u(LW+LH+HW)(t_1 - t_2)$	
22	الحرارة المزالة نتيجة لتغير الهواء .	Q_2	W	$Q_2 = \frac{H_2 nV}{86400}$	
23	الحمل الحراري للمواد المخزنة قبل التجمد .	Q_3	W	$Q_3 = \frac{S_1(t_3 - t_5)}{86400}$	
24	الحرارة الكامنة لانصهار المنتج	Q_4	W	$Q_4 = \frac{m H_1}{86400}$	
25	الحمل الحراري الناتج عن تخفيض درجة حرارة المنتج تحت الصفر .	Q_5	W	$Q_5 = \frac{m S_2(t_5 - t_4)}{86400}$	
26	أحمال الإضاءة والأشخاص	Q_6	W	$Q_6 = \frac{(P_1A+NH_3)T_1}{24}$	
27	أحمال إضافية .	Q_7	W	$Q_7 = \frac{P_2H_4T_2}{24}$	

(تابع نموذج حساب التبريد عن درجات الحرارة الأكبر من $0\ ^0C$)

المسلسل	الكمية	الرمز	الوحدة	ملاحظات	القيمة
28	الحمل الكلي بدون مراوح المبخر	Q	W	$Q = Q_1+Q_2+.....Q_7$	
29	قدرة المراوح	P	W	من الجدول (٩-٩)	
30	الحمل الكلي للتبريد	Qt	W	$Qt = (Q+P)\frac{24}{26}$	

مثال :-

المسلسل	الكمية	الرمز	الوحدة	ملاحظات	القيمة
1	أبعاد غرفة التبريد				
	الطول الداخلي	l	m	معطى	5m
	العرض الداخلي	w	m	معطى	3m
	الارتفاع الداخلي	h	m	معطى	3m
	الطول الخارجي	L	m	L = l + 2X	5.3m
	العرض الخارجي	W	m	W = w + 2X	3.3m
	الارتفاع الخارجي	H	m	H = h + 2X	3.3m
2	نوع العازل			بولي يوريثان رغوي	
3	سمك العازل	X	mm	معطى	150mm
4	معامل انتقال الحرارة من العازل	U	W/m^2k	من الجدول (٩-٣)	$0.14\ w/m^2\ ^ok$
5	درجة الحرارة الجافة في مدينة	t_1	^0C	من الجدول (٩-١٢)	$35\ ^oC$
6	درجة حرارة غرفة التبريد لتخزين................	t_2	^0C	من الجدول (٩-١٠)	$-30\ ^oC$
7	خواص الحمل				
	وزنه	m	kg	معطى	7200 kg
	درجة حرارته	t_3	^0C	معطى	$+7\ ^oC$

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

(تابع نموذج حساب التبريد عن درجات الحرارة الأكبر من $0\ ^0C$)

المسلسل	الكمية	الرمز	الوحدة	ملاحظات	القيمة
	يحتاج لخفض درجة الحرارة إلى	t_4	^0C	معطي	$-20\ ^oC$
	درجة حرارة تجمده .	T_5	^0C	من الجدول (٩-١٠)	$-2\ ^oC$
9	الحرارة النوعية قبل التجمد	S_1	$J/kg\ ^0C$	من الجدول (٩-١٠)	$3200\ J/kg\ ^oC$
10	الحرارة النوعية بعد التجمد	S_2	J/kg	الجدول (٩-١٠)	$1600\ J/kg\ ^oC$
11	الحرارة الكامنة للمنتج	H_1	J/kg	الجدول (٩-١٠)	210000 J/kg
12	حجم غرفة التبريد الداخلية	V	m^3	h w l	$45\ m^3$
13	الحرارة المزالة عند التبريد .		J/m^3	الجدول (٩-٦)	
14	عدد مرات تغيير الهواء كل يوم .	n		الجدول (٩-٥)	11
15	المساحة الداخلية للثلاجة	A	m^2	$A = l\ w$	$15\ m^2$
16	القدرة المشعة من الإضاءة لكل متر مربع .	P_1	W/m^2	الجدول (٩-٨)	$20\ w/m^2$
17	عدد الأشخاص بداخل غرفة التبريد .	N			2
18	زمن تواجد الأشخاص بداخل غرفة التبريد يوميا .	T_1	hr		8 hr
19	الطاقة المشعة من الشخص.	H_3	W	الجدول (٩-٧)	420 w
20	قدرة المحركات بداخل أو خارج غرفة التبريد .	P_2	KW		-
21	زمن عمل المحركات .	T_2	hr		-
22	الحرارة المزالة نتيجة لتغيير الهواء.	Q_1	W	$Q_1 = 2u(LW+LH+HW)(t_1-t_2)$	8348 w
23	الحرارة المزالة نتيجة لتغير الهواء .	Q_2	W	$Q_2 = \frac{H_2\, nV}{86400}$	722 w

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

(تابع نموذج حساب التبريد عن درجات الحرارة الأكبر من $0\ ^0C$)

المسلسل	الكمية	الرمز	الوحدة	ملاحظات	القيمة
24	الحمل الحراري للمواد المخزنة قبل التجمد .	Q_3	W	$Q_3 = \frac{S_1(t_3-t_5)}{86400}$	2400 w
25	الحرارة الكامنة لانصهار المنتج	Q_4	W	$Q_4 = \frac{m H_1}{86400}$	17500 w
26	الحمل الحراري الناتج عن تخفيض درجة حرارة المنتج تحت الصفر .	Q_5	W	$Q_5 = \frac{m S_2(t_5-t_4)}{86400}$	2400 w
27	أحمال الإضاءة والأشخاص	Q_6	W	$Q_6 = \frac{(P_1A+NH_3)T_1}{24}$	380 w
28	أحمال إضافية .	Q_7	W	$Q_7 = \frac{P_2H_4T_2}{24}$	-
29	الحمل الكلي بدون مراوح المبخر	Q	W	$Q = Q_1+Q_2+.....Q_7$	24237 w
30	قدرة المراوح	P	W	من الجدول (٩-٩)	
31	الحمل الكلي للتبريد	Qt	W	$Qt\ (Q+P)\frac{24}{26}$	40000 w

٩-٤ فرق درجات الحرارة ولرطوبة النسبية في غرف التبريد

يجب المحافظة على الفرق بين درجة حرارة غرفة التبريد ودرجة حرارة المبخر TD في الحدود المسموح بها تبعا لنوع الطعام المخزون فزيادة فرق درجات الحرارة TD يؤدى إلى حدوث تجفيف للرطوبة الموجودة في الأطعمة وانخفاض فرق درجات الحرارة TD يؤدى إلى تلف سريع للمنتجات على سبيل المثال يصبح اللحم قاتم اللون ولزج الملمس .

ويمكن تقسيم الأطعمة إلى أربعة أقسام تبعا لظروف التخزين وهم كما يلي :-

أطعمة تجفف بسرعة مثل الفواكه والخضراوات والأجبان والبيض . 1

أطعمة تتعرض للتسييح وبعض التجفيف مثل اللحوم الطازجة والمؤن الغذائية . 2

أطعمة لا تتعرض لتجفيف زائد مثل اللحوم المبردة . 3

أطعمة لا تتعرض لتجفيف مثل الفواكه الجافة والعصائر المعلبة . 4

والجدول (٩-١٣) يعطى فرق درجات الحرارة TD التي يوصى بها لهذه الأنواع من الأطعمة تبعا لنوع المبخر .

الجدول (٩-١٣)

مبخر بمروحة ^0C	مبخر بدون مروحة ^0C	قسم الأطعمة
3.3 : 4.9	8.5 : 11	1
5.6 : 6.7	10 : 15.6	2
6.0 : 8.3	6.0 : 13.9	3
8.3 :13.9	15 : 20	4

والجدول (٩-١٤) يعطى قيم TD تبعا للرطوبة النسبية في الأنواع المختلفة للمبخرات .

الجدول (٩-١٤)

مبخر بمروحة ^0C	مبخر بدون مروحة ^0C	الرطوبة النسبية %
2 : 4	7 : 9	90 : 95
4 : 6	9 : 13	85 : 95
6 : 9	13 : 15	75 : 85
10 : 12	15 : 17	65 : 75

ويمكن ضبط قيمة T D والتي تساوى :-

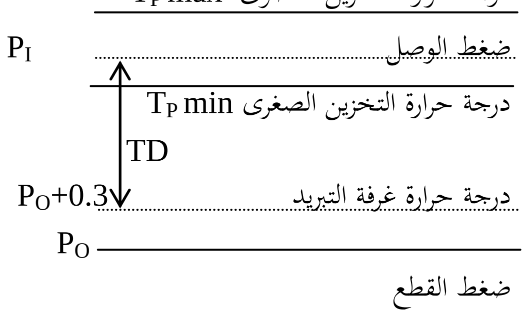
$$TD = T_P - T_E$$

حيث أن :-

درجة حرارة التخزين المتوسطة T_P

درجة حرارة المبخر T_E

علما بأنه يمكن التحكم في درجات حرارة المبخر ودرجة حرارة التخزين بواسطة قاطع الضغط المنخفض فبضبط ضغط القطع والوصل لقاطع الضغط المنخفض كما هو مبين بالشكل (٩-١٩) .



الشكل (٩-١٩)

حيث أن :–

درجة حرارة التخزين القصوى	T_P max
درجة حرارة التخزين الصغرى	T_P min
ضغط الوصل	P_I
ضغط القطع	P_O

مثال :–

إذا كانت درجة حرارة تخزين لحم مبرد $-2\ ^0C$ وتم تخزين هذا اللحم داخل غرفة تبريد مزودة بمبخر هواء مدفوع يعمل بفريون R12

حيث أن الأطعمة الموضوعة بغرفة التبريد هي لحم مبرد لذلك فهي تعتبر أطعمة قسم 3.ومن الجدول (٨–١٣) أمام قسم الأطعمة 3 مع مبخر مروحة فإن ، $TD = 8^oC$ وبالتالي فإن :–

$$T_E = T_P + T D$$
$$= -2 -8 = -10\ ^0C$$

ومن ملحق–٣ نجد أن ضغط التشبع لفريون R12 المقابل لدرجة حرارة $-10\ ^0C$ يساوي 2.193 bar ضغط مطلق أي أن ضغط القطع لقاطع الضغط المنخفض كضغط مطلق يساوي

$$P_O = 2.193 - 0.3 = 1.893 \text{ bar}$$

ومن ملحق–٣ فإن ضغط الوصل كضغط مطلق والمقابل لدرجة حرارة التخزين المتوسطة $-2\ ^0C$ يساوي $P_I = 2.8$ bar وبالتالي فإن الفرق في الضغط لقاطع الضغط المنخفض يساوي

$$\Delta P = P_I - P_0 = 0.9 \text{ bar}$$

ويجب ألا يقل فرق الضغط عن 0.7 bar ،ومن الجدول (٩–١٤) فإن الرطوبة النسبية أمام درجة حرارة مبخر بمروحة تتراوح ما بين $6:9^oC$ تتراوح ما بين (% 85 / % 75)

٩–٥ مصانع الثلج التجارية

الشكل (٩–٢٠) يعرض المسقط الرأسي والأفقي لمصنع ثلج نموذجي .

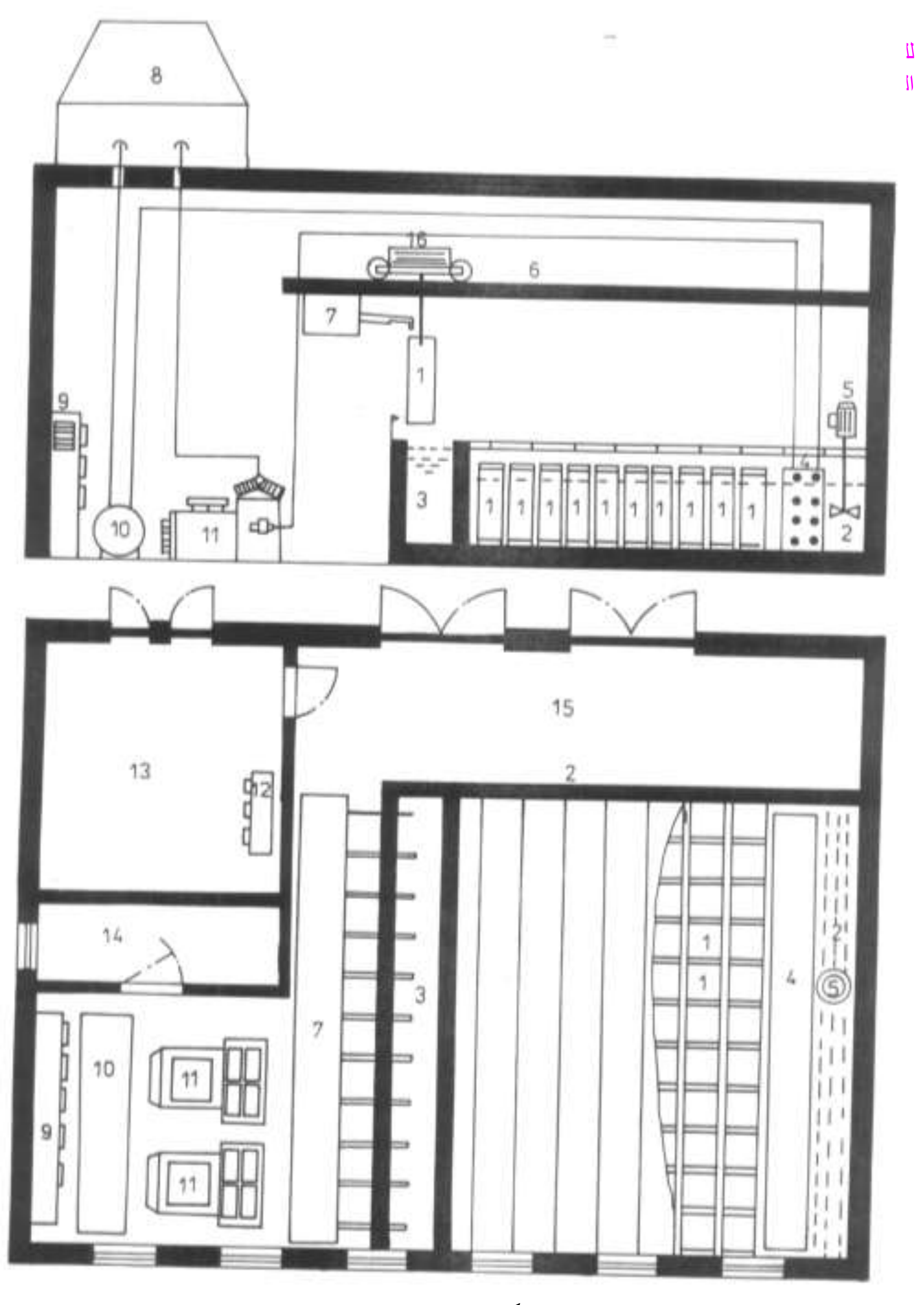
محتويات الشكل :–

علب ألواح الثلج	1
خزان محلول البراين وهو يغطى بألواح خشبية أثناء صناعة الثلج	2
خزان ماء دافئ لتسييح ألواح الثلج وفصلها عن العلب	3
مبخر من النوع المغمور	4

محرك خلاط محلول البراين	5
قضبان ونش رأسي يتحرك في محورين متعامدين أفقيا	6
خزان مملوء بالماء ويستخدم لملئ العلب بعد تفريغها من ألواح الثلج	7
مكثف تبخيري	8
لوحة التحكم	9
خزان الآمونيا	10
ضواغط	11
مبخر بغرفة حفظ ألواح الثلج ويعمل بالآمونيا	12
غرفة حفظ ألواح الثلج	13
مكتب	14
رصيف تحميل الثلج إلى عربات المستهلكين أو إلى غرفة حفظ ألواح الثلج	15
ونش رأسي	16

نظرية العمل :-

يتم ملئ علب الثلج 1 والتي يتم حملها على هيئة صف كامل بواسطة الونش الرأسي لمستوى خزان الماء والمزود بصنابير تفتح أتوماتيكيا أو يدويا بذراع على جانب الخزان وبعد ملئ علب الثلج بالماء يتم إعادتها إلى أماكنها المخصصة في خزان محلول البراين ثم بعد ملئ جميع علب الثلج بالماء وإعادتها إلى أماكنها المخصصة بخزان محلول البراين يتم تغطية خزان البراين بألواح الخشب للتعجيل من عملية تجمد الماء وأثناء إعداد الثلج يدور محرك الخلاط 5 والذي يعمل على تقليب محلول البراين داخل الخزان فيزداد معدل الانتقال الحراري وبعد الانتهاء من إعداد ألواح الثلج يتم رفع الألواح الخشبية من على خزان محلول البراين ثم بواسطة الونش الرأسي يتم رفع علب الثلج على هيئة صف كامل وبعد ذلك يتم غمر علب الثلج من حوض التسييح 3 وذلك لفصل ألواح الثلج عن العلب ثم يرفع صف علب الثلج إلى أعلى ويتحرك الونش حتى ترتطم علب الثلج في مسامير الإمالة المثبتة أعلى حوض التسييح فتميل قوالب الثلج وتقع ألواح الثلج من علبها في المكان المخصص لها وبعد ذلك تتكرر دورة التشغيل .



الشكل (٩-٢٠)

ويتم نقل ألواح الثلج يدويا إلى غرفة حفظ ألواح الثلج 13 عند درجة الحرارة $-4.4\ ^0C$ وذلك أما يدويا أو بواسطة عربات معدة لذلك وعادة فإن أوزان ألواح الثلج تكون 50 kg ويكون لون ألواح الثلج شفافة إذا كانت مصنوعة من الماء المقطر (الخالي من الأملاح) أو بيضاء الشكل إذا صنعت من ماء الشرب العادي . وعادة تصل درجة حرارة محلول البراين المستخدم كوسيط تبريد لألواح الثلج إلى حوالي ($-12\ ^0C$: -9) وعادة فإن مصانع الثلج التي لها سعة إنتاجية حوالي 50 طن من ألواح الثلج يوميا أي 1000 لوح ثلج يوميا تحتاج لمحرك كهربي قدرته 225 HP لإدارة الضواغط إذا كانت درجة حرارة التكثيف حوالي $40.6\ ^0C$ وتحتاج إلى ثلاث محركات كهربية للونش الرأسي الأول قدرته 3 HP وهو المسئول عن الرفع والخفض والثاني والثالث قدرتهما 0.7 HP وهما مسئولين عن حركة الونش في الاتجاهين المتعامدين الأفقين ومساحة مصانع الثلج تكون حوالي $18\ m^2$ لكل طن ثلج منتج يوميا .

الشكل (٩-٢١)

والشكل (٩-٢١) يعرض نموذج توضيحي لعلب ألواح الثلج المنظمة على شكل صف يتألف من عشرة علب من إنتاج شركة Hall-Thermotank

٩-٥-١ محلول البراين

نحصل على محلول البراين من إذابة ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) في الماء أو إذابة كلوريد الكالسيوم في الماء ، والجدول (٩-١٥) يعطى المواصفات الفنية لمحلول البراين المصنع من كلوريد الكالسيوم .

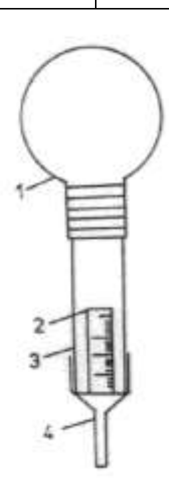
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الجدول (٩–١٥)

الوزن النوعي عند -10 ^{0}C	الوزن النوعي عند 0^0C	الوزن النوعي عند 10 ^{0}C	الوزن النوعي عند 15.5 ^{0}C	وزن الماء في لتر محلول البراين kg	وزن كلوريد الكالسيوم في اللتر kg	وزن اللتر من البراين (kg)	نسبة كلوريد الكالسيوم بالماء
–	1.043	1.042	1.044	0.991	0.052	1.043	5%
–	1.089	1.087	1.087	0.978	0.109	1.087	10%
1.139	1.137	1.134	1.133	0.962	0.17	1.132	15%
1.190	1.186	1.183	1.182	0.944	0.236	1.18	20%
–	–	–	1.233	0.924	0.308	1.233	25%

وتجدر الإشارة أن محلول البراين يسبب تآكل المعادن ويمكن تقليل هذه الخاصية بالتأكد من أن قيمة PH للمحلول تتراوح ما بين 8.5:9 علما بأن قيمة PH تعطى دلالة على الحمضية أو القلوية للمحلول فقيمة PH لماء الشرب تساوى 7 وكلما ازدادت قيمة PH عن7 تعنى أن المحلول قلوى وكلما قلت عن7 دلت على أن المحلول حمضى وتوجد في الأسواق أجهزة لقياس PH ويمكن رفع قلوية محلول البراين بإضافة صودا كاوية (هيدروكسيد الصوديوم) للمحلول وصولا لقيمة PH المطلوبة ويستخدم جهاز الهيدروميتر Hydrometer في قياس الثقل النوعي .

والشكل (٩–٢٢) يبين مخطط توضيحي للهيدروميتر المستخدم في قياس الوزن النوعي لمحلول البراين .



الشكل (٩–٢٢)

حيث أن :–

انتفاخ مطاطي	1
عوامة مدرجة	2
أنبوبة	3
خرطوم مطاطي	4

حيث يوضع الخرطوم المطاطي في محلول البراين وتأخذ عينة من محلول البراين بالضغط على الانتفاخ المطاطي فترتفع العوامة فوق المحلول فتأخذ القراءة المدونة على العوامة والطافية على المحلول

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٩-٥-٢ دورات تبريد مصانع الثلج التجارية

توجد صورتين من دورات التبريد المستخدمة في مصانع الثلج وهما :

١- دورات تبريد تستخدم مكثف تبخيري .

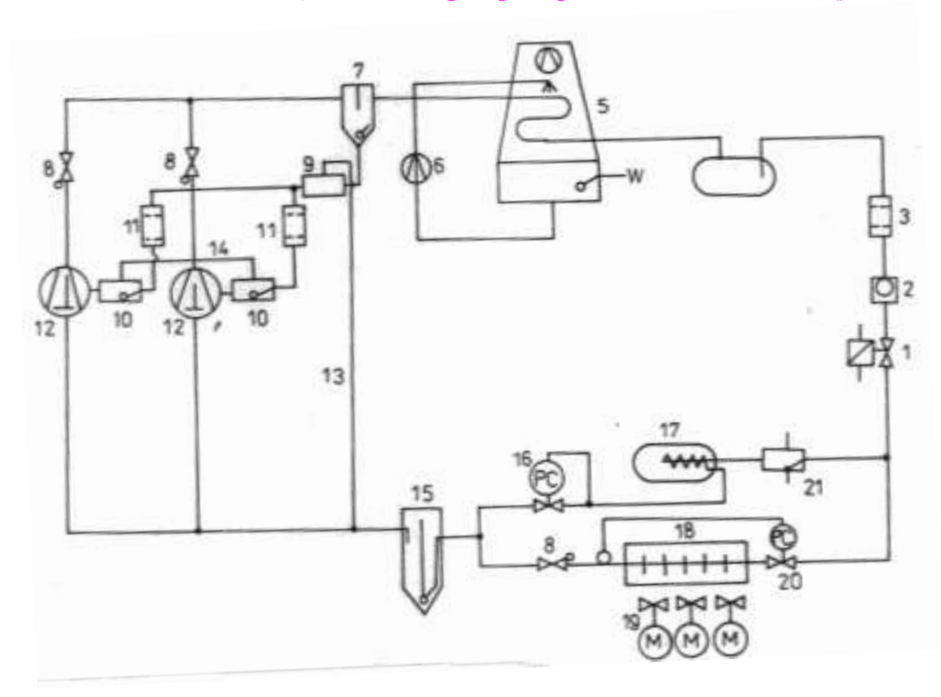
٢- دورات تبريد تستخدم مكثف من نوع الوعاء والأنابيب وبرج تبريد .

والشكل (٩-٢٣) يعرض دورة تبريد تستخدم مكثف تبخيري .

حيث أن :

صمام كهربي	1	ضاغط	12
زجاجة بيان	2	خط تهوية	13
مرشح	3	خط معادلة ضغوط الضواغط	14
خزان الأمونيا	4	مجمع السائل	15
مكثف تبخيري	5	منظم ضغط المبخر المغمور	16
مضخة الماء	6	مبخر مغمور بخزان محلول البراين	17
فاصل الزيت	7	مبخر حفظ ألواح الثلج	18
صمام لا رجعى	8	مراوح مبخر غرفة حفظ ألواح الثلج	19
خزان زيت	9	صمام تمدد حراري	20
صمام بعوامة	10	صمام بعوامة ضغط منخفض	21
مرشح زيت	11		

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.



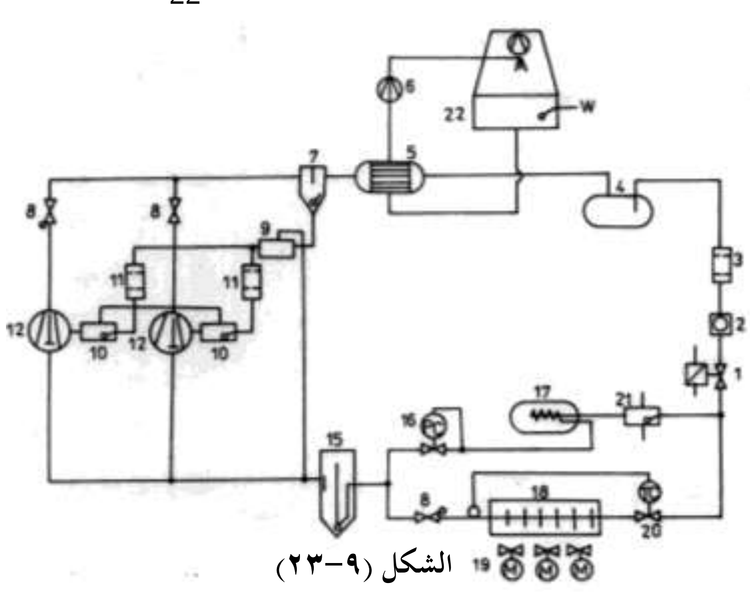
الشكل (٩-٢٣)

والشكل (٩-٢٤) يعرض دورة تبريد تستخدم مكثف مائي ويتم تبريد الماء ببرج تبريد .

علما بأن عناصر هذا الشكل لا تختلف عن الشكل السابق عدا العناصر التالية :-

مكثف مائي من النوع ذات الوعاء والأنابيب 5

برج تبريد 22



الشكل (٩-٢٣)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

وعادة تستخدم المكثفات التبخيرية عند ضيق المساحة المتاحة في مصنع الثلج ويصل معدل تدفق ماء التبريد حوالي (32 L/min) لكل طن ثلج منتج يوميا . ونحيط القارئ علما بأن دورات تبريد مصانع الثلج تكون مزودة عادة بجهاز أتوماتيكي لإخراج الهواء من دورة التبريد وذلك من أجل رفع كفاءة دورة التبريد علما بأن هذا الجهاز غير موضح في الدورات السابقة ، وفي بعض الأحيان تستخدم صمامات يدوية لإخراج الهواء (الغازات الغير قابلة للتكاثف) من دورة التبريد وهى توضع عادة بأعلى نقطة في المكثف ولإخراج الهواء من دورة التبريد يدويا يتم إيقاف الضاغط لمدة لا تقل عن نصف ساعة مع السماح لماء التبريد بالاستمرار في التدفق خلال المكثف ثم تقفل صمامات الطرد والسحب للضاغط (غير مبينة بالدورات السابقة) وإعادة تشغيل الضاغط حوالي عشرون دقيقة حتى يتكاثف سائل مركب التبريد في الخزان وبعد ذلك يتم توصيل خرطوم مطاطي مع صمام إخراج الهواء ووضع نهاية الخرطوم بحوض مملوء بالماء وفتح صمام الإخراج قليلا لإخراج الغازات الغير قابلة للتكاثف للحوض ببطيء وبمجرد الانتهاء من إخراج كل الغازات الغير متكاثفة يقفل صمام الإخراج وتعاد دورة التبريد لوضع التشغيل الطبيعي .

والجدير بالذكر أن هناك العديد من الصمامات اليدوية والتي تستخدم مع دورات التبريد الخاصة بمصانع الثلج والتي تعمل بالأمونيا مثل :-

- صمامات أجهزة قياس الضغط في خط السحب وخط الطرد .
- صمام سحب وطرد الضاغط.
- صمام رجوع الزيت إلى صندوق مرفق الضاغط .
- صمام شحن الأمونيا ويكون بين الخزان والمرشح .
- صمام تصريف الزيت الموجود بالخزان ويكون أسفل الخزان .
- صمام تصريف السائل من المكثف إلى الخزان .
- صمام إخراج الغازات الغير قابلة للتكاثف ويكون أعلى المكثف ومخرجه مفتوح للهواء .
- صمام خروج السائل من الخزان إلى عوامة الضغط المنخفض .
- صمام تفريغ زيت الضاغط (أو تستخدم طبة) ويكون أسفل الضاغط .

وهذه الصمامات غير مبينة بدورات التبريد السابقة ، وتجدر الإشارة إلى أن جميع أعمال الصيانة لدورات التبريد العاملة بالأمونيا لا تختلف عن أعمال الصيانة لدورات التبريد العاملة بالمركبات

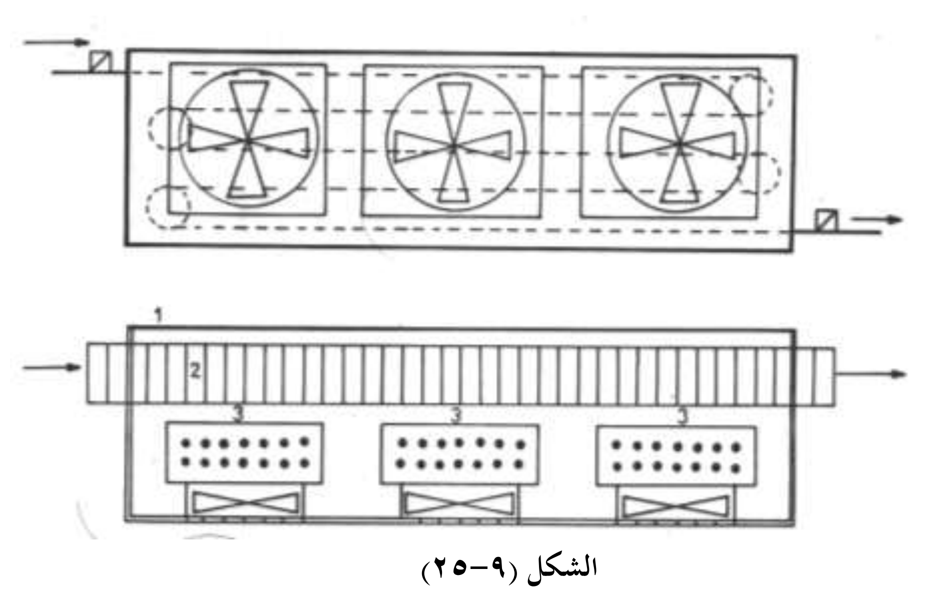
الكلوروفلورو كربونية عدا أنه لا يسمح بإخراج الأمونيا للهواء الجوى لأن الأمونيا سامة جدا ولكن يعاد تخزينها في أسطوانات مع الحذر من وضع شحنات زائدة في الأسطوانات عن المقرر لها والمدون من قبل الشركة المصنعة عليها والتي تحدد عادة بالوزن .

٩-٦ أنفاق التبريد Freezing Tunnels

أن عملية التجميد العالية الجودة للمنتجات الغذائية المحفوظة مثل اللحوم والخضراوات والدواجن ...... الخ لا يمكن أن تتم داخل غرف التجميد العادية والتي تصل درجات حرارتها إلى ^{0}C 18– فعملية تجميد المواد الغذائية المحفوظة يجب أن تتم بسرعة فائقة لأن التجميد البطيء يؤدى إلى تكون حبيبات الثلج على الأطعمة والتي قد تؤدى إلى تلف أنسجتها كما أن بقاء الماء داخل عبوات هذه الأطعمة يؤدى إلى تراكم الفطر بداخلها وكذلك يؤدى إلى ضياع المذاق الطيب لها . فمثلا الخضراوات التي تحتوى على نسبة كبيرة من الماء فإنها تصبح مشبعة جدا بالرطوبة عند تسخينها مرة أخرى إذا تم تجميدها ببطيء من أجل ذلك فإنه ينصح بإتمام عملية تجميد سريعة لجميع الأطعمة المجمدة عند درجة حرارة تصل إلى ^{0}C 40– وهناك طرق متعددة لتحقيق ذلك لعل أهمها استخدام فريزرات بهواء مدفوع تكون ثابتة أو متحركة مثل أنفاق التبريد أو باستخدام فريزرات بألواح رأسية أو أفقية والشكل (٩-٢٥) يعرض المسقط الرأسي والأفقي لنفق تبريد

محتويات الشكل :-

الغلاف الخارجي لنفق التبريد	1	مبخر	3
سير متحرك على عدة مستويات	2	مروحة	4



الشكل (٩-٢٥)

نظرية عمل أنفاق التبريد :-

تدخل المواد الغذائية من خط الإنتاج للمصنع إلى نفق التبريد وذلك بدئا من السير العلوي وتتحرك السيور ببطيء شديد فقد تستغرق المنتجات المطلوب تجميدها مدة ساعة كاملة داخل نفق التبريد حيث تنتقل من السير العلوي إلى السير الثاني ثم السير الثالث ثم السير الرابع وخروجا من نفق التبريد ، وتقوم مراوح نفق التبريد بدفع هواء شديد جدا تجاه المنتجات الغذائية المطلوب تجميدها مرورا بملفات المبخر وهذه الطريقة تتيح فرصة التخلص من أي بقايا للماء عالقة بالمنتج وبذلك تمنع تكون الفطر فيما بعد على المنتج وكذلك تساعد على إتمام عملية التجميد بسرعة فائقة وعادة تتم عملية التجميد قبل عملية التعبئة إذا كان شكل الأطعمة غير منتظم مثل الدجاج المذبوح وهذه الأنفاق تستخدم في تجميد الخضراوات واللحوم والدواجن والأسماك .....الخ وعادة تتم عملية إذابة الصقيع في هذه الأنفاق باستخدام الغاز الساخن Hot gas وتتراوح السعات الإنتاجية لهذه الأنفاق ما بين (0.3 : 20 T/hr) طن /الساعة .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الباب العاشر

تطبيقات على تقنيات التحكم في أنظمة التبريد

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتقل بين الصفحات.

تطبيقات على تقنيات التحكم في أنظمة التبريد

١٠–١ التحكم في دورات التبريد المزودة بمكثفات مائية

الشكل (١٠–٢) يعرض دورة تبريد بمكثف يبرد بالماء وبصمامات تحكم يدوية .

حيث أن :

الضاغط	1
مكثف يبرد بالماء	2
مبخر	3
صمام يدوي لتنظيم تدفق بخار التبريد .	4
صمام يدوي لتنظيم تدفق ماء تبريد المكثف .	5

الشكل (١٠ – ١)

فمن أجل المحافظة على ابت درجة حرارة غرفة التبريد مهما تغير الحمل الحراري لغرفة التبريد يجب باستمرار ضبط كلا من الصمام 5 , 4 فبواسطة الصمام اليدوي 4 يمكن التحكم في تدفق سائل الفريون في المبخر فكلما زاد الحمل الحراري يجب أن يزداد معدل تدفق سائل الفريون في المبخر والعكس بالعكس .

وبواسطة الصمام اليدوي 5 يمكن التحكم في معدل تدفق ماء التبريد للمكثف 2 فكلما ازداد الحمل الحراري يجب أن يزداد معدل تدفق ماء التبريد للتخلص من الحرارة الناتجة عن تبريد هذا الحمل الحراري والعكس بالعكس .

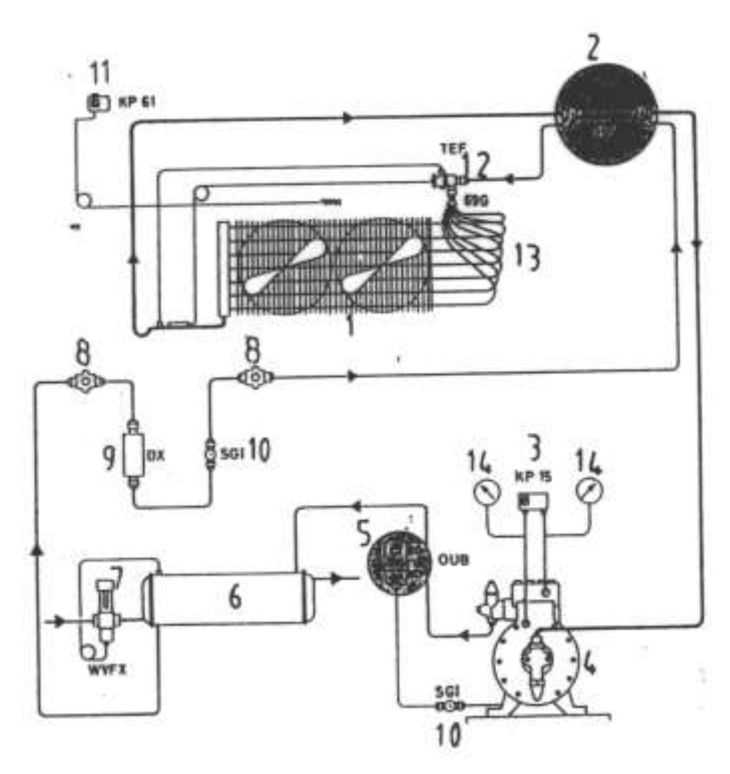
والشكل (١٠–٢) يعرض دورة تبريد مزودة بمكثف يبرد بالماء وبصمامات تحكم أتوماتيكية

حيث أن :

المبخر	1	مبادل حراري	2
قاطع ضغط مزدوج	3	الضاغط	4
فاصل الزيت	5	مكثف مائي	6

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

صمام تنظيم تدفق الزيت	7	صمامات يدوية	8
مرشح / مجفف	9	زجاجة بيان	10
ثرموستات	11	صمام تمدد حراري	12
موزع سائل	13	عدادات الضغط	14



الشكل (١٠ –٢)

ويقوم الثرموستات 11 بفصل مراوح المبخر 1 تبعا لدرجة حرارة المبخر ويقوم صمام التمدد الحراري 12 والمزود بوصلة تعادل خارجية بتنظيم معدل تدفق سائل الفريون الداخل للفريون معتمدا على درجة التحميص بدون التأثر بانخفاض ضغط مركب التبريد في المبخر ويقوم موزع السائل 13 بتوزيع سائل مركب التبريد بالتساوي على المسارات المختلفة بالمبخر ويقوم قاطع الضغط المزدوج 3 بحماية الضغط من الانخفاض الشديد في ضغط السحب أو الارتفاع الشديد في ضغط الطرد حيث يقطع التيار الكهربي عن الضاغط إذا تجاوز ضغط السحب ضغط القطع المنخفض للقاطع وكذلك إذا زاد ضغط الطرد عن ضغط القطع العالي للقاطع .

ويقوم فاصل الزيت 5 بإعادة الزيت الذي يخرج من الضاغط إلى صندوق مرفق الضاغط مرة أخري ، ويقوم صمام تنظيم تدفق ماء تبريد المكثف 7 بالتحكم في تدفق ماء التبريد في المكثف تبعا لدرجة حرارة المكثف .

ويقوم المرشح 9 بترشيح مركب التبريد الداخل لصمام التمدد الحراري من أي ذرات كربونية أو معدنية وكذلك تجفيف مركب التبريد من الرطوبة علما بأنه عند تركيب المرشح / المجفف رأسيا يجب أن يكون المدخل لأعلي والمخرج لأسفل لضمان استمرارية وجود سائل فريون في المرشح /المجفف ومن ثم استغلال خاصية التجفيف للمرشح / المجفف لأقصي درجة ممكنة .

أما زجاجة البيان 10 فتساعد فني التبريد علي متابعة أداء دورة التبريد حيث تكشف عن :-

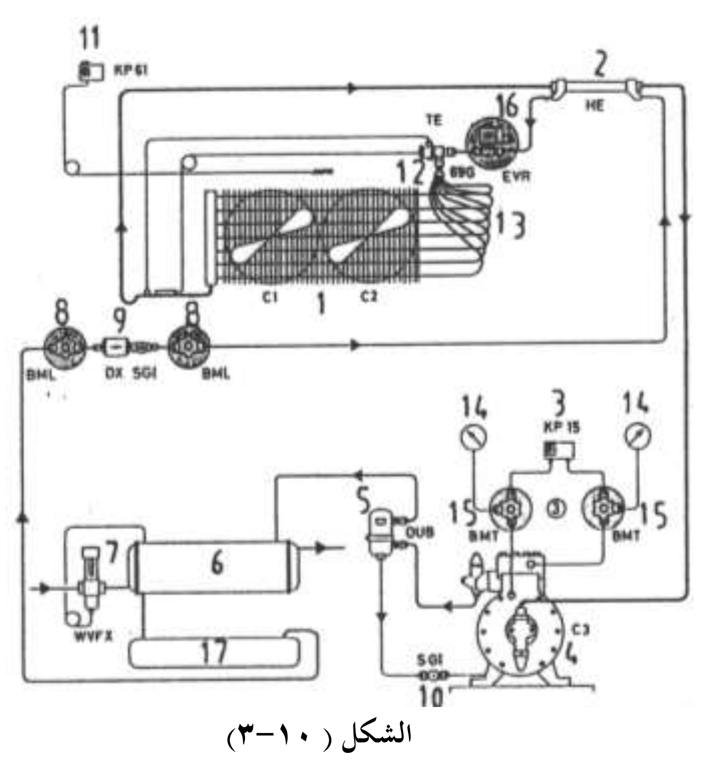
١- زيادة نسبة الرطوبة حيث يتغير لونها عند زيادة نسبة الرطوبة .

٢- انخفاض شحنة التبريد أو وجود انسداد في دورة التبريد حيث تظهر فقاعات هوائية في زجاجة البيان .

ويقوم صمام التمدد الحراري 12 بالتحكم في تدفق مركب التبريد في المبخر 1 عند التحميص المطلوب ، ويقوم المبادل الحراري 2 بزيادة كفاءة دورة التبريد حيث يزيد من تحميص بخار مركب التبريد العائد لخط سحب الضاغط هذا يمنع طرقات السائل الناتجة عن ارتداد سائل التبريد للضاغط عند الانخفاض السريع في أحمال المبخر والذي قد يتلف صمامات الضاغط وكذلك يزيد من التبريد الدوني لسائل التبريد العائد للمبخر وهذا يزيد من الحمل الحراري الذي يمكن التخلص منه في المبخر.

والشكل (١٠-٣) يعرض دورة تبريد مزودة بمكثف يبرد بالماء وبصمامات تحكم أوتوماتيكية وتعمل بمبدأ الضخ السفلي Pump Down ولا تختلف هذه الدورة عن الدورة السابقة عدا إضافة العناصر التالية :

صمام يدوي بفتحة خدمة	15
صمام كهربي لخط السائل	16
خزان سائل الفريون	17



الشكل (١٠-٣)

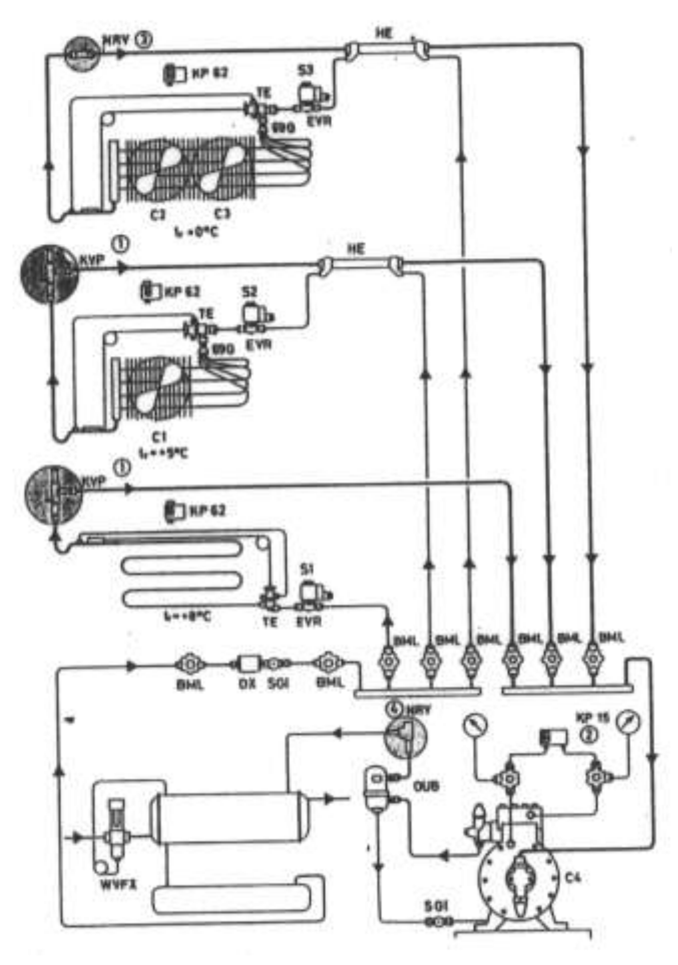
وتعمل هذه الدورة بمبدأ الضخ السفلي لسائل التبريد بالطريقة التالية عند وصول درجة حرارة غرفة التبريد لدرجة حرارة القطع المعاير عليها ثرموستات غرفة التبريد 11 ينقطع مسار تيار الصمام الكهربي 16 فيتوقف تدفق سائل مركب التبريد القادم من خزان السائل 17 والمتجه إلى صمام التمدد الحراري 12 ويظل الضاغط يدور فينتقل بخار مركب التبريد الخارج من المبخر إلى الضاغط والذي يقوم بدوره بضخه إلى المكثف 6 ليستقر في النهاية في خزان السائل 17 وعند انخفاض ضغط سحب الضاغط وصولا لضغط القطع المنخفض لقاطع الضغط المزدوج 3 فيفصل القاطع 3 التيار الكهربي عن الضاغط ويتوقف الضاغط وبهذه الطريقة يكون قد انتقل كل مركب التبريد إلى خزان السائل وطريقة الضخ السفلي تضمن أنه عند عودة الضاغط للعمل عند ارتفاع درجة حرارة غرفة التبريد وصولا لدرجة حرارة وصل الثرموستات 11 فإن ضغط سحب الضاغط يكون منخفض الأمر الذي يقلل من تيار بدء الضاغط وهذا يزيد من عمر الضاغط .

والجدير بالذكر أنه عند توقف الضاغط فإن درجة حرارة بصيلة صمام التمدد الحراري ترتفع أعلي من ارتفاع درجة حرارة المبخر مما يؤدي لفتح صمام التمدد الحراري الأمر الذي يؤدي إلى زيادة شحنة مركب التبريد في خط السحب فيزداد الحمل علي الضاغط عند البدء ووجود صمام سائل يمنع حدوث

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

ذلك لأنه يكون مغلق أثناء توقف الضاغط ، أما الصمامات اليدوية المزودة بفتحة خدمة 15 تسمح بتركيب عدادات ضغط لقياس الضغط في خط السحب وخط الطرد وكذلك تسهيل عملية صيانة دورة التبريد من هذه الفتحات .

والشكل (١٠–٤) يعرض دورة تبريد لوحدة تبريد مركزية لعدة غرف تبريد الغرفة الأولي درجة حرارتها $0\ ^{O}C$ والثانية درجة حرارتها $5\ ^{O}C$ والثالثة درجة حرارتها $8\ ^{O}C$ ، والجدول (١٠–١) يبين استخدام كل غرفة .



الشكل (١٠–٤)

الجدول (١٠-١)

الاستخدام	درجة حرارة الغرفة	درجة حرارة المبخر
غرفة حفظ الخضراوات	+8 °C	+3 °C
غرفة حفظ لحوم طازجة وسلطة	+5 °C	-5 °C
غرفة حفظ لحوم	+0 °C	-10 °C

ويقوم منظم ضغط المبخر KVP على خنق خط سحب الضاغط لكلا من المبخر الثاني 2 المبخر الثالث للمحافظة على درجة حرارتهم مساوية +3 °C , -5 °C بالترتيب ومن ثم يمكن الوصول لدرجة حرارة غرفة تبريد مساوية +8 °C , +5 °C بالترتيب . ويعمل قاطع الضغط المزدوج 2 KP15 علي التحكم في وصل وفصل الضاغط وصولا للضغط المقابل لدرجة حرارة -10 °C للمبخر الأول ومن ثم الوصول بدرجة حرارة الغرفة الأولي إلى 0 °C . وأثناء توقف الضاغط فإن الصمام اللارجعي NRV يمنع مركب التبريد الموجود في المبخر الثاني والثالث أن يتكاثف في المبخر الأول البارد ومن ثم تظل درجة حرارة غرفة التبريد الأولي مساوية 0 °C .

ويعمل الصمام اللارجعي NRV علي منع تكاثف مركب التبريد في فاصل الزيت وأعلي الضاغط وذلك في حالة انخفاض درجة حرارة الضاغط أو فاصل الزيت عن درجة حرارة المبخرات أثناء توقف الوحدة .

ويقوم كل ثرموستات KP62 بالتحكم في وصل وفصل الصمام الكهربي له EVR للتحكم في تدفق مركب التبريد في المبخر المقابل علما بأن الصمامات الكهربية تعمل علي تشغيل وحدة التبريد التي بصددها يبدأ التفريغ السفلي (الدوني) Pump Down كما ذكر سالفا ، وتعمل مبادلات الحرارة HE علي زيادة كفاءة دورة التبريد كما ذكر سالفا .

ويعمل صمام تنظيم تدفق ماء التبريد WVFX علي التحكم في تدفق ماء التبريد في المكثف تبعا لدرجة حرارة المكثف .

وفاصل الزيت OUB يعيد الزيت إلى صندوق مرفق الضاغط وزجاجات البيان SGI تساعد في متابعة أداء دورة التبريد والمرشح / المجفف DX يعمل علي ترشيح وتجفيف مركب التبريد .

١٠-٢ التحكم في دورات التبريد المزودة بمكثفات هوائية

الشكل (١٠-٥) يعرض دورة تبريد بسيطة بمكثف هوائي بصمام تمدد حراري للتحكم في تنظيم

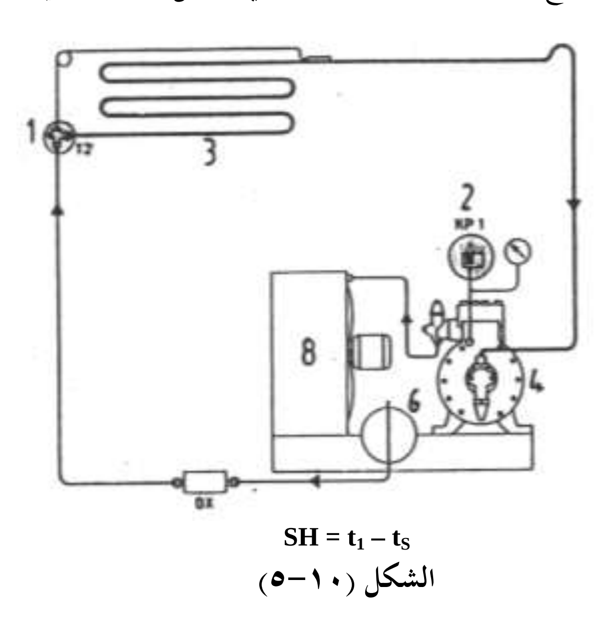
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

تدفق بخار مركب التبريد في المبخر

حيث أن :

صمام تمدد حراري	1
قاطع ضغط منخفض	2
مبخر	3
الضاغط	4
خزان السائل	5
مروحة المكثف	6
المكثف الهوائي	7
مرشح / مجفف	8

ويتيح صمام التمدد الحراري تنظيما تلقائيا لتدفق مركب التبريد في المبخر للمحافظة علي درجة التحميص 1 مساوية ^{O}C 6 : 5 وهذا يلزمه اختيار صمام التمدد الحراري المناسب مع الضبط الصحيح لصمام التمدد الحراري ويعرف التحميص بأنه فرق درجات الحرارة عند نقطة تثبيت بصيلة صمام التمدد الحراري t_1 ودرجة حرارة التشبع المقابلة للضغط مركب التبريد في مدخل المبخر P_S أي أن التحميص SH

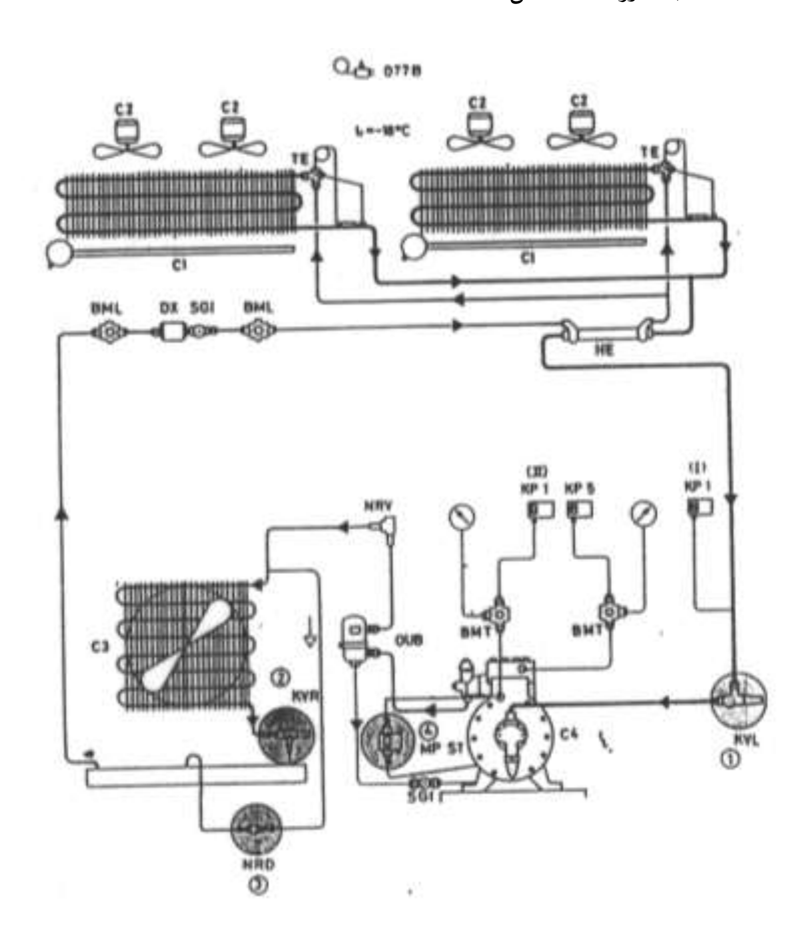


$$SH = t_1 - t_S$$

الشكل (١٠-٥)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

والشكل (١٠-٦) يعرض دورة تبريد لوحدة تبريد مزودة بمبخرين وتعمل هذه الوحدة باستمرار ولكن بتوقف مرتين كل يوم ساعة كل مرة لإجراء إذابة للصقيع المتكون علي المبخرين ويستخدم في هذه الوحدة ضاغط يناسب ظروف التشغيل العادية .



الشكل (١٠-٦)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

وتظهر مشكلة بعد الانتهاء من عملية إذابة الصقيع فإن محرك الضاغط الصغير سيتعرض لزيادة في الحمل قد تؤدي إلى احتراق الضاغط من أجل ذلك استخدمت منظمات الضغط التالية :-

١- منظم ضغط صندوق المرفق (KVL) حيث يفتح عند انخفاض ضغط سحب الضاغط للقيمة المعاير عليها المنظم .

٢- منظم ضغط المكثف (KVR) وصمام ضغط فرقي NRD وذلك من أجل تثبيت ضغط المكثف الذي يبرد بالهواء وذلك عند درجات الحرارة الخارجية المنخفضة فأثناء الشتاء البارد ينخفض ضغط التكثيف في المبخر فيقوم منظم ضغط المكثف KVR بخنق خرج المكثف وبالتالي تزداد شحنة مركب التبريد داخل المكثف فيزداد ضغط المكثف . ويعمل الصمام الفرقي NRD في منع زيادة فرق الضغط بين مدخل ومخرج المكثف عن 1.4 bar فعند وصول فرق الضغط 1.4 bar يبدأ صمام الضغط الفرقي في الفتح وكلما انخفض ضغط المكثف يبدأ منظم ضغط المكثف بالخنق ليزداد ضغط المكثف وبذلك نضمن زيادة ضغط المكثف ووصوله لضغط التكثيف المطلوب وفي نفس الوقت تمنع انخفاض الضغط في الخزان وعادة يجب ألا يقل الضغط في الخزان عن الضغط في المكثف عن 1 bar .

أما في الصيف يكون منظم ضغط المكثف مفتوح علي أقصي درجة ممكنة ويكون الانخفاض في الضغط داخل المكثف ومنظم ضغط المكثف أقل من 1.4 bar الأمر الذي يجعل صمام الضغط الفرقي NRD يظل مغلقا .

وتتجمع شحنة التبريد داخل الخزان في وقت الصيف لذلك يجب أن يكون حجم الخزان مناسبا ، ويمكن استخدام منظم ضغط المكثف كصمام تصريف بين جانب الضغط العالي وجانب الضغط المنخفض لمنع زيادة الضغط في جانب الضغط العالي بقيمة عالية .

ويمكن حماية الضاغط عند تلف نظام الزيت MP ST حيث يعمل هذا القاطع علي إيقاف الضاغط إذا كان الفرق في الضغط بين ضغط الزيت وضغط السحب للضاغط في داخل صندوق المرفق منخفض عن القيمة المعاير عليها القاطع ، ويمكن استخدام ثرموستات حدي طراز 077B في الفريزر فإذا ارتفعت درجة الحرارة عن القيمة المعاير عليها هذا الثرموستات يعمل علي إضاءة لمبة بيان للدلالة علي وجود مشكلة بالفريزر ويمكن أن يعمل بوق للتنبيه علي وجود مشكلة .

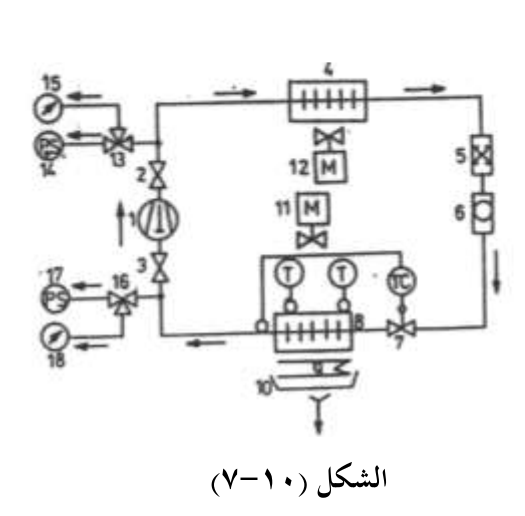
١٠-٣ غرفة تبريد سعتها 3.354 kW

الشكل (١٠-٧) يعرض دورة تبريد لغرفة تبريد يمكن السير فيها أبعادها (3.5 * 2 * 2 m) ودرجة حرارتها $4\ ^{O}C$ وسعتها التبريدية 3354 W .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

حيث أن :-

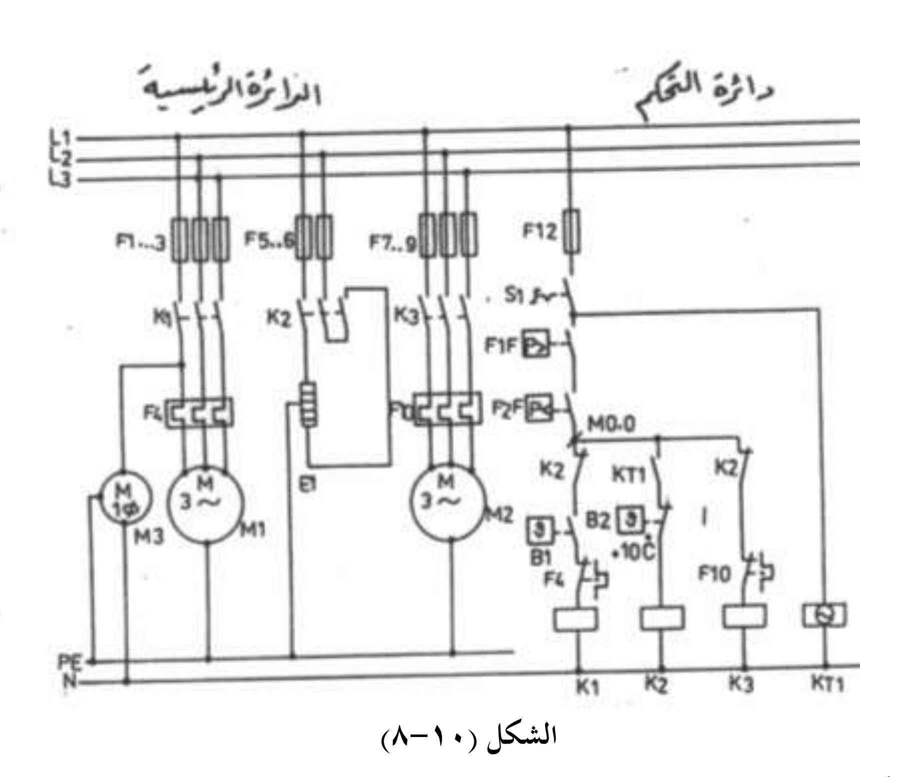
ضاغط	1
صمامات يدوية	2,3
مكثف	4
مرشح / مجفف	5
زجاجة بيان	6
صمام تمدد حراري	7
مبخر	8
سخان إذابة الصقيع	9
وعاء تجميع الماء المذاب	10
مروحة المبخر	11
مروحة المكثف	12
صمامات يدوية ثلاثة سكك .	3,16
قاطع الضغط العالي	14
مبينات ضغط	15,18
قاطع الضغط المنخفض	17
ثرموستات غرفة التجميد	18
ثرموستات إذابة الصقيع	19



الشكل (١٠-٧)

الشكل (١٠-٨) يعرض الدائرة الرئيسية ودوائر التحكم التقليدية .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.



الشكل (١٠-٨)

حيث أن :

مصهرات رئيسية لحماية محرك الضاغط	F1:F3		
مصهرات رئيسية لحماية السخان	F5,F6		
مصهرات رئيسية لحماية محرك مروحة المكثف	F7:F9		
مفتاح التشغيل	S1	كونتاكتور محرك الضاغط	K1
كونتاكتور السخان	K2	كونتاكتور محرك مروحة المكثف	K3
مؤقت إذابة الصقيع	KT1	قاطع الضغط العالي	F1F
قاطع الضغط المنخفض	F2F	ثرموستات غرفة التجميد	B1
متممات زيادة الحمل	F4,F10	ثرموستات إذابة الصقيع	B2
محرك الضاغط	M1	محرك مروحة المكثف	M2
محرك مروحة المبخر	M3		

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

نظرية التشغيل :-

عندما تكون دورة التبريد مشحونة بشحنة التبريد الكاملة تغلق ريش قواطع الضغط العالي والمنخفض F1F ,F2F وعندما تكون درجة حرارة غرفة التجميد أعلي من درجة حرارة وصل الثرموستات B1 يغلق الثرموستات ريشته وعند غلق المفتاح S1 يكتمل مسار تيار K3 , K1 ويعمل كلا من محرك الضاغط M1 ومحرك مروحة المبخر M3 ومحرك مروحة المكثف M2 ويقوم ثرموستات غرفة التجميد بالتحكم في وصل وفصل محرك الضاغط M1 ومحرك مروحة المبخر M3 تبعا لدرجة حرارة غرفة التجميد .

وعند الوصول للزمن المعاير عليه مؤقت إذابة الصقيع KT1 يغلق المؤقت ريشته ويكتمل مسار تيار K2 فيعمل السخان E1 وينقطع مسار تيار كلا من K1 ,K3 وتتوقف جميع المحركات وعند وصول درجة حرارة المبخر إلى +10 ^{O}C يفتح ثرموستات إذابة الصقيع B2 ريشته وينقطع مسار K2 وبعد انتهاء زمن إذابة الصقيع تعود ريشة KT1 لوضعها الطبيعي وتتكرر دورة التشغيل من جديد .

١٠-٤ غرفة تجميد سعتها 10.5 kW

الشكل (١٠-٩) يعرض دورة التبريد لغرفة تجميد يمكن السير فيها أبعادها (6 * 7.5 *2.7 m) وسعتها التبريدية 10.5 kW ودرجة حرارتها –30 ^{O}C وسمك المادة العازلة 100 mm والمصنوعة من اليوريثان .

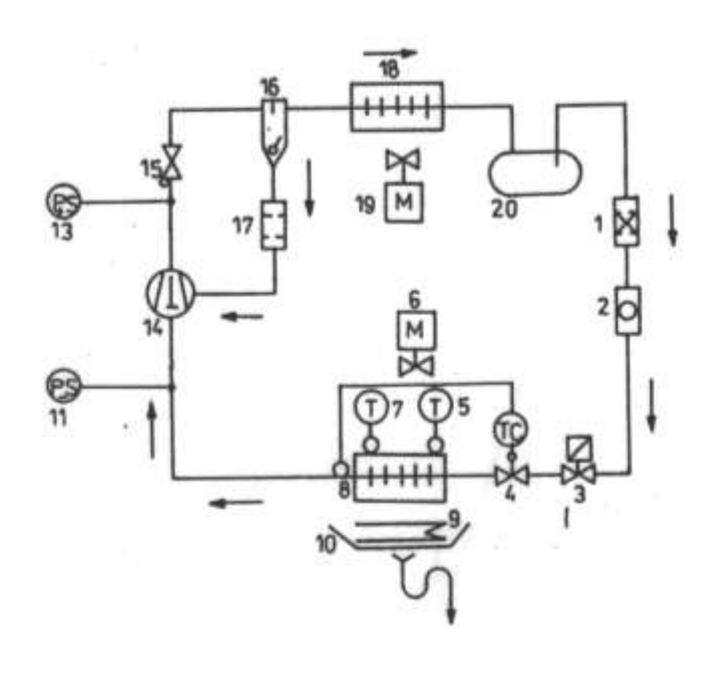
حيث أن :

مرشح /مجفف	1	قاطع الضغط المنخفض	11
زجاجة بيان	2	صمام الضغط العالي	13
صمام السائل	3	الضاغط	14
صمام تمدد حراري	4	صمام لارجعي	15
ثرموستات غرفة التجميد	5	فاصل الزيت	16
مروحة المبخر	6	مرشح الزيت	17
ثرموستات إذابة الصقيع	7	المكثف	18
المبخر	8	مروحة المكثف	19

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

سخان إذابة الصقيع 9 خزان السائل 20

وعاء تجميع الماء المتكاثف 10



الشكل (١٠-٩)

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتقل بين الصفحات.

الباب الحادي عشر
الأعطال الميكانيكية في دورات التبريد

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الأعطال الميكانيكية في دورات التبريد

١١-١ مقدمة

إن أفضل نصيحة لفني التبريد لتحديد المشكلة بسرعة هو السماع لمالك جهاز التبريد والاستفسار عن الأسئلة التالية:-

هل تم عمل تعديلات في جهاز التبريد قبل حدوث العطل ؟

هل قام فني آخر بصيانة جهاز التبريد ؟

هل هناك أي اهتزازات ؟

هل حدثت المشكلة تدريجيا أم حدثت فجأة ؟

وأكثر المشاكل التي يتعرض لها فني التبريد والتكييف هو أن التبريد غير كافي أو لا يوجد تبريد.

ولتحديد سبب العطل يجب قياس ضغوط السحب والطرد وهناك أربعة حالات مختلفة وهم :-

١- انخفاض ضغط السحب والطرد عن المعتاد .

٢- ارتفاع ضغط السحب والطرد .

٣- انخفاض ضغط السحب وارتفاع ضغط الطرد .

٤- ارتفاع ضغط السحب وانخفاض ضغط الطرد .

١١-٢ انخفاض ضغط السحب والطرد

إن السبب الرئيسي لهذه المشكلة هو نقص مركب التبريد في الدورة فعند النظر لزجاجة البيان يظهر فقاعات (في حالة وجود نقص في مركب التبريد) وفي حالة عدم وجود زجاجة بيان يجب إضافة كمية من مركب التبريد في خط السحب فإذا عاد كل من ضغط السحب والطرد إلى القيم الطبيعية لهما فإذا السبب يكون نقص الشحنة .

أما إذا لم تتغير الضغوط فهذا يعني وجود انسداد في دورة التبريد في مكان ما ويمكن أن يحدث انخفاض ضغط السحب والطرد عند انخفاض أحمال التبريد داخل المبخر وينتج هذا من عدة أسباب هي :-

١– انزلاق مروحة المبخر علي عمودها وفي هذه الحالة يجب ربط مسامير تثبيت المروحة علي العمود .

٢– القطاع سير مروحة المبخر وحينئذ نحتاج لاستبدال للسير .

٣– دوران مروحة المبخر ببطيء نتيجة لحدوث انزلاق للسير علي البكرات وفي هذه الحالة يجب إعادة شد السير إذا كان سليما وعادة يصبح السير المنزلق لامعا من جوانبه وهذا يحتاج لاستبدال .

٤– عدم دوران مروحة المبخر لتلف محرك المروحة .

وجود عوائق في مسار تيار الهواء نتيجة لانسداد مرشح الهواء أو تراكم القاذورات علي ملف المبخر .

١١–٣ ارتفاع ضغط السحب والطرد

أن السبب الرئيسي لهذه المشكلة هو المكثف حيث لا يستطيع التخلص من قدر كافي من الحرارة وهناك عدة أسباب لذلك مثل :–

١– عدم دوران مروحة المكثف نتيجة لانزلاق سير المروحة أو انقطاع السير أو احتراق المحرك .

٢– انسداد مسارات الهواء في المكثف نتيجة لإنثناء زعانف المكثف أو صدأ في الزعانف الألومنيوم أو وجود حاجز كجدار .

٣– مصدر ماء تبريد المكثف غير مناسب حيث أن درجة حرارة ماء التبريد الداخل للمكثف المائي مرتفعه جدا أو أن معدل تدفق الماء غير كافي لانخفاض ضغط الماء القادم من مصدر الماء العمومي . أو أن ماء التبريد قذر وهذا يعني في أن هناك فرق كبير في درجة حرارة التكثيف في المكثف ودرجة حرارة الماء الخارج من المكثف وكذلك يكون هناك فرق صغير في درجة حرارة الماء الداخل والخارج من المكثف

٤– تلف صمام تنظيم ضغط ماء تبريد المكثف المائي .

٥– وجود هواء في دورة التبريد ويحدث ذلك لدخول الهواء من جانب الضغط المنخفض إذا كان الضغط في جانب الضغط المنخفض أقل من الضغط الجوي أو نتيجة لعدم عمل تفريغ جيد لدورة التبريد أثناء إجراء صيانة سابقة.

٦– زيادة شحنة مركب التبريد .

٧– استخدام نوع خاطئ من مركب التبريد .

علما بأن السببين الأخيرين لا يحدثان في الواقع إلا نتيجة لقيام شخص غير مؤهل بصيانة دورة التبريد .

١١-٤ ضغط السحب منخفض وضغط الطرد عاليا

أن السبب الرئيسي لهذه المشكلة هو وجود انسداد في دورة التبريد في مكان ما ويحدث الانسداد نتيجة لأحد الأسباب التالية :-

١- تجمع الشوائب الناتجة أثناء عملية اللحام في مكان ضيق مثل المرشح / المجفف أو عنصر الخنق أو الأنبوبة الشعرية .

٢- رطوبة تدور في دورة التبريد ويمكن أن تتجمد عند صمام التمدد ويمكن أن تذوب عند توقف وحدة التبريد ثم تعود مرة أخري عند عمل وحدة التبريد وعادة تكون شكوى المالك بأن وحدة التبريد تبرد أحيانا بصورة جيدة ولا تبرد أحيانا بالمرة وهذا يلزمه تفريغ ثم إعادة شحن .

٣- تحلل الزيت في دورة التبريد نتيجة لارتفاع درجة حرارته وتكون أوحال تؤدي لحدوث إعاقة في دورة التبريد وفي هذه الحالة يجب أخذ عينة من زيت الضاغط فإذاكان لونها قاتم في هذه الحالة يجب استبدال الزيت .

٤- ترسب الشمع من الزيت في عنصر التحكم في التدفق وهذا يحدث عادة للانخفاض الشديد في درجة حرارة خط السحب ويمكن تجنب هذه المشكلة باستخدام الزيت المناسب لدرجة حرارة تشغيل حيز التبريد .

٥- وجود ثنيات حادة في مواسير دورة التبريد .

٦- صمام التمدد الحراري مغلق وهذا يحدث نتيجة لفقدان بصيلة الصمام لشحنة التبريد لها ومن ثم يظل الصمام مغلق حتى عندما تكون درجة حرارة المبخر عالية .

والجدير بالذكر أن دورات التبريد المزودة بخزان سائل عند حدوث انسداد لها ينخفض ضغط السحب في حين يبقي ضغط الطرد عاديا .

١١-٥ ارتفاع ضغط السحب وانخفاض ضغط الطرد

إن انخفاض ضغط الطرد يؤدي إلى عدم تكاثف مركب التبريد في المكثف وارتفاع ضغط السحب يعمل علي عدم إتمام عملية التبريد في المبخر وهناك سببين لحدوث ذلك وهما :-

١- فقدان الضاغط لسعة الضخ فهو غير قادر لتوليد فرق الضغط المطلوب بين ضغط الطرد وضغط السحب والسبب في انخفاض الضاغط لسعة الضخ هو وجود تآكل في المكابس والاسطوانات أو حلقات المكبس (الشنابر)أو عدم ارتكاز صمامات الضاغط جيدا علي مقاعدها.

٣- بقاء عنصر الخنق مفتوحا وهذا يحدث عادة نتيجة لعدم التثبيت الجيد لبصيلة الصمام على خط السحب فهو يحس بدرجة حرارة عالية بصفة مستديمة .

١١-٦ تراكم الثلج الكثيف على ملف المبخر

و يحدث ذلك نتيجة لأحد الأسباب التالية :-

١- تعطل نظام إذابة الصقيع (المؤقت الزمني – السخان – ثرموستات إذابة الصقيع)

٢- انسداد مسارات الهواء البارد القادم من المبخر .

٣- زيادة الرطوبة في غرفة التبريد و ينتج ذلك من :-

- انسداد خط صرف الماء الناتج من إذابة الصقيع المتكون على المبخر ومن ثم لا يمكن التخلص من الماء المذاب ، والانسداد قد يكون ناتج عن الأطعمة في مسار صرف الماء أو تلف لسخان خط تصريف الماء .
- باب غرفة التبريد غير محكم القفل نتيجة لتلف جوان الباب أو نتيجة لتثبيت الثلاجة على مستوى مائل أو نتيجة لعدم ضبط مفاصل الماء وبالتالي تدخل الرطوبة داخل غرفة التبريد أثناء قفل الباب ويتكون ثلج كثيف فوق ملف المبخر .

١١-٧ صدور ضوضاء أثناء عمل وحدة التبريد

هناك عدة مصادر للضوضاء لعل أهمها ما يلي :-

١- حدوث اهتزاز ميكانيكي ناتج عن وضع سيئ لوعاء تجميع الماء الناتج من إذابة الصقيع أو عدم وضع الأرفف في مكانها الصحيح داخل الكابينة أو اهتزاز مواسير التبريد واحتكاكها معا وعادة يمكن تحديد مكان الضوضاء بالأذن والنظر .

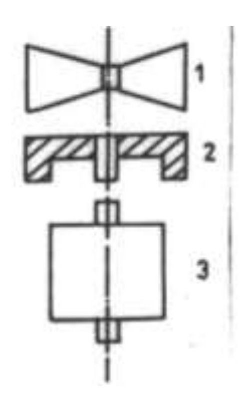
٢- صدور ضوضاء من المروحة عندما تكون سائبة على العمود أو عند تآكل كراسي المحور للمروحة أو المحرك أو عندما تحتك ريش المروحة بجسمها ويمكن معرفة مصدر الضوضاء الصادر من المروحة بفصل التيار الكهربي عنها وإدارة عمود المروحة باليد ثم البحث عن مصدر الضوضاء .

٣- يصدر الضوضاء من الضواغط المحكمة القفل أحيانا نتيجة لضغط يايات تعليق الضاغط الداخلي داخل وعاؤه حيث يصدر صوت طنين صفائحي أثناء البدء والتوقف وفي هذه الحالة يجب استبدال الضاغط .وكذلك يصدر ضوضاء من صمامات الضاغط وتستمر لعدة دقائق بعد الدوران وهذا يلزمه

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

استبدال الضاغط إذا كان من النوع المحكم القفل أو استبدال الصمامات إذا كان الضاغط من النوع الشبه مقفل .

٤- حدوث شرخ في هوب مروحة وحدة التكثيف التي توضع بالعراء والذي يحمي المروحة من دخول الأمطار بداخلها وهذا الشرخ يحدث صوت مثل رفرفة الطائرة وهذا يلزمه استبدال الهوب والشكل (١١-١) يبين وضع هذا الهوب في المروحة .



الشكل (١١-١)

حيث أن :-

المروحة	1
هوب المروحة	2
المحرك	3

١١-٨ دخول الهواء الجوي في أنظمة التبريد

يظل الهواء الجوي الذي يدخل أنظمة التبريد في جهة الضغط العالي ويعمل على رفع ضغط الطرد للضاغط (ضغط التكثيف) .

ويعمل على زيادة تيار الضاغط وارتفاع درجة حرارة الضاغط وهناك ثلاث أسباب لدخول الهواء الجوي داخل دورات التبريد وهي :-

١- بقاء الهواء الجوي داخل دورة التبريد بعد الانتهاء من أعمال التركيب والصيانة .

٢- وجود شروخ أو ثقوب في خط السحب تؤدي إلى دخول الهواء منها .

٣- حدوث تحلل كيميائي للزيت أو الفريون نتيجة لارتفاع درجة حرارة غاز الفريون الخارج من الضاغط والناتج عن سبب أو آخر .

وفيما يلي خطوات اكتشاف وجود هواء في دورة التبريد :-

١- وقف الضاغط ومروحة المبخر .

٢- شغل مروحة المكثف (في حالة المكثف الهوائي) أو مضخة تدوير الماء (في حالة المكثف المائي) إلى أن يستقر ضغط الطرد ويثبت عند قيمة ثابتة تسمى بضغط التكثيف الثابت .

٣- إذا كان ضغط الطرد الذي تم قياسه في النقطة الثانية أكبر من ضغط بخار الفريون المقابل لدرجة حرارة الهواء المحيط والمعين من الجدول (٣-١) فإن هذا يعني وجود هواء في دورة التبريد .

ويمكن إخراج الهواء من دورة التبريد إذا لم يكن ناتج عن وجود شقوق أو ثقوب في خط السحب بالطريقة التالية .

١- اسحب الضغط الناتج عن وجود هواء بالدورة والذي يساوي :-

(ضغط التكثيف الثابت – ضغط بخار الفريون المقابل لدرجة حرارة الهواء المحيط)

٢- عين ضغط التكثيف الثابت باتباع خطوات اكتشاف وجود هواء في دورة التبريد .

٣- تخلص من نصف الضغط الناتج عن وجود هواء بالدورة من أعلى نقطة تسريب في منطقة الضغط العالي للدورة وببطيء علما بأن أنظمة التبريد الصناعية تكون مزودة بجهاز تطوير أتوماتيكي لإخراج الهواء .

٤- انتظر خمس دقائق ليستقر الضغط ثم احسب زيادة الضغط عن ضغط بخار الفريون المقابل لدرجة حرارة الهواء المحيط .

٥- تخلص من نصف الضغط الزائد من أعلى نقطة تسريب في منطقة الضغط العالي للدورة .

٦- كرر الخطوة ٤ ، ٥ حتى تصبح الزيادة في الضغط عن ضغط بخار الفريون المقابل لدرجة حرارة الهواء المحيط مساويا (0.07 bar)في هذه الحالة تخلص من هذا الضغط الزائد من أعلى نقطة تسريب .

١١-٩ تطهير دورة التبريد قبل إجراء الصيانة اللازمة

نحتاج عادة لتطهير خط السحب من غاز الفريون ونقل كل مركب التبريد إلى خزان السائل قبل أعمال الصيانة وفيما يلي الخطوات المتبعة في ذلك :-

١- أغلق صمام الخروج من خزان السائل مع إبقاء صمام خدمة السحب وصمام خدمة الطرد مفتوحان .

٢- نخفض الضغط المعاير عليه قاطع الضغط المنخفض إلى قيمة تصل إلى (0.3 bar) .

٣- شغل الضاغط مع مراقبة عداد ضغط السحب المثبت على فتحة خدمة صمام السحب وفي حالة عدم وجود هذا العداد يمكن استخدام تجهيزه عدادات القياس في ذلك وبمجرد الوصول إلى 0.3 bar أو أكثر قليلا وقف الضاغط .

٤- راقب قراءة عداد ضغط السحب ستلاحظ أن الضغط يزداد وذلك بسبب غليان سائل الفريون الذائب في الزيت وعندما يثبت ضغط السحب عند قيمة تقترب من 0 bar أو أعلى قليلا فهذا يعني أن ضغط السحب أصبح خاليا من الفريون .

٥- اغلق صمام خدمة السحب .

ويمكن تطهير دورات التبريد قبل تبديل المرشح / المجفف أو الصمام الكهربي أو إجراء صيانة أو استبدال صمام التمدد باتباع الخطوات التالية :-

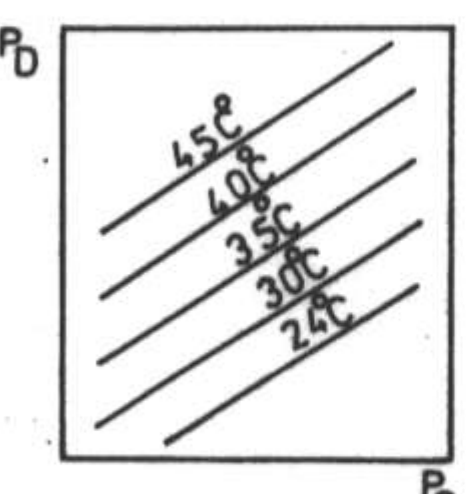
١- اجري تطهير لخط السحب من غاز الفريون .
٢- اغلق صمام خدمة سحب الضاغط وصمام خدمة طرد الضاغط .
٣- قم بأعمال الصيانة اللازمة .
٤- فك الصامولة الواصلة بين خط السحب وصمام خدمة السحب .
٥- افتح صمام خروج السائل من خزان السائل قليلا فيخرج غاز الفريون من ماسورة السحب ليطرد الهواء الموجود وأي رواسب وبعد التأكد من خروج جميع الهواء أعد تجميع صامولة صمام خدمة السحب .
٦- أعد جميع الصمامات بالدائرة لوضع التشغيل الطبيعي .
٧- شغل جهاز التبريد وتأكد من عدم وجود تسريب بدورة التبريد .

١١-١٠ طرق شحن دورات التبريد

يوجد عدة طرق لشحن دورات التبريد وهم كما يلي :-

١- **الشحن بمعلومية الوزن** :-وتستخدم هذه الطريقة عندما تكون دورة التبريد فارغة تماما من مركب التبريد وتستخدم هذه الطريقة عادة مع الأجهزة الصغيرة المزودة بماسورة شعرية كالثلاجات والفريزرات المنزلية ومكيفات الغرف وعادة تستخدم أسطوانات مدرجة للشحن بمعلومية الوزن .

٢- **الشحن بمعلومية ضغط السحب والطرد** :- حيث تقوم بعض الشركات بتوفير منحنيات خاصة تعطي فيها قيم ضغط السحب المقاس وضغط الطرد المقاس عند قيم مختلفة



الشكل (١-٤)

٣- لدرجات الحرارة المحيطة كما بالشكل (١-٤) علما بأنه كلما قلت شحنة مركب التبريد في الدورة قل ضغط السحب وضغط الطرد وفي حالة عدم توفر مثل هذه المنحنيات من قبل الشركة المصنعة يمكن تحديد ضغوط السحب والطرد تبعا لدرجة حرارة المبخر المطلوبة ودرجة الحرارة الخارجية .

٤- **الشحن وصولا لخط الثلج Frost Line** حيث يستمر شحن دورة التبريد ببخار مركب التبريد مع تشغيل الضاغط فعند دخول كمية

٥- صغيرة من مركب التبريد داخل دورة التبريد

٦- يصل مركب التبريد إلى المبخر في صورة غازية وبالتالي يحدث زيادة في التحميص لمركب التبريد داخل المبخر وكلما ازدادت شحنة مركب التبريد في دورة التبريد يقل قيمة التحميص الحادث في المبخر وعند الوصول للشحنة المطلوبة نحصل على تحميص يساوي تقريبا ($4:8^oc$) ويمكن مسك خط سحب الضاغط باليد أثناء شحن دورة التبريد حيث لا يحدث تغيير في درجة حرارة خط السحب إلى أن نصل إلى 90% من الشحنة وبعدها يبرد خط السحب وتزداد برودة خط السحب كلما اقتربنا من الشحنة الكاملة وبمجرد ظهور خط الثلج على خط السحب فإن ذلك يعني أننا قد انتهينا من عملية الشحن ويمكن التأكد من ذلك بمراجعة ضغط السحب وضغط الطرد . وينصح عند شحن الثلاجات والفريزرات المنزلية بطريقة خط الثلج بالاستمرار في الشحن أثناء دوران الثلاجة حتى يبرد خط السحب ولا ننتظر إلى أن يتكون ثلج على خط السحب .

٧- **الشحن بالاستعانة بزجاجة البيان** :- فعند شحن دورات التبريد التجارية المزودة بزجاجة بيان فعندما تكون دورة التبريد مشحونة بشحنة أقل من المطلوب فإن خرج المكثف سيكون مخلوط من السائل والبخار ويظهر في زجاجة البيان فقاعات غاز وعند الوصول للشحنة الكاملة فإن زجاجة البيان تظهر خالية من الفقاعات ولا يظهر حركة مركب التبريد بداخلها ويجب الاستعانة بطريقة الضغوط عند الشحن بزجاجة البيان حيث أنه في حالة وجود هواء (غازات غير متكاثف) داخل دورة التبريد فلن نصل إلى الوضع الخالي من الفقاعات ولو أصبحت دورة التبريد مشحونة بالشحنة الكاملة .

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

الملاحق

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

ملحق ١ الرموز الميكانيكية لدوائر التبريد

الوصف	الرمز	الوصف	الرمز
صمام بعوامة ضغط منخفض		وصلة مرنة	
صمام بعوامة ضغط عالي		أنبوب بزعانف	
صمام يدوي		أنابيب مائلة بميل ٥ ٪	5%
صمام قابل للضبط آليا		تقاطع أنابيب بدون إتصال	
صمام لا رجعي		تفرع ذو إتصال	
صمام يفتح بمحرك		شفة مسدودة	
صمام بملف كهربي		وصلة قياس	
صمام تمدد أوتوماتيكي		سيفون	
صمام تمدد حراري		موزع سائل التبريد	
صمام تمدد حراري بخط تعادل خارجي		زجاجة بيان	
صمام تمدد كهروحراري		مجفف/مرشح	
منظم ماء التبريد (تحكم بالضغط)		مبادل حراري ذو حزمة أنابيب على شكل U	
مبين درجات الحرارة المسموح بها الصغرى والعظمى		مسخن هواء	
مجمع السائل		مبرد هواء	
		مبخر ذو تهوية موربة ومزود بمروحة تبريد	

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

تابع ملحق ١ الرموز الميكانيكية لدوائر التبريد

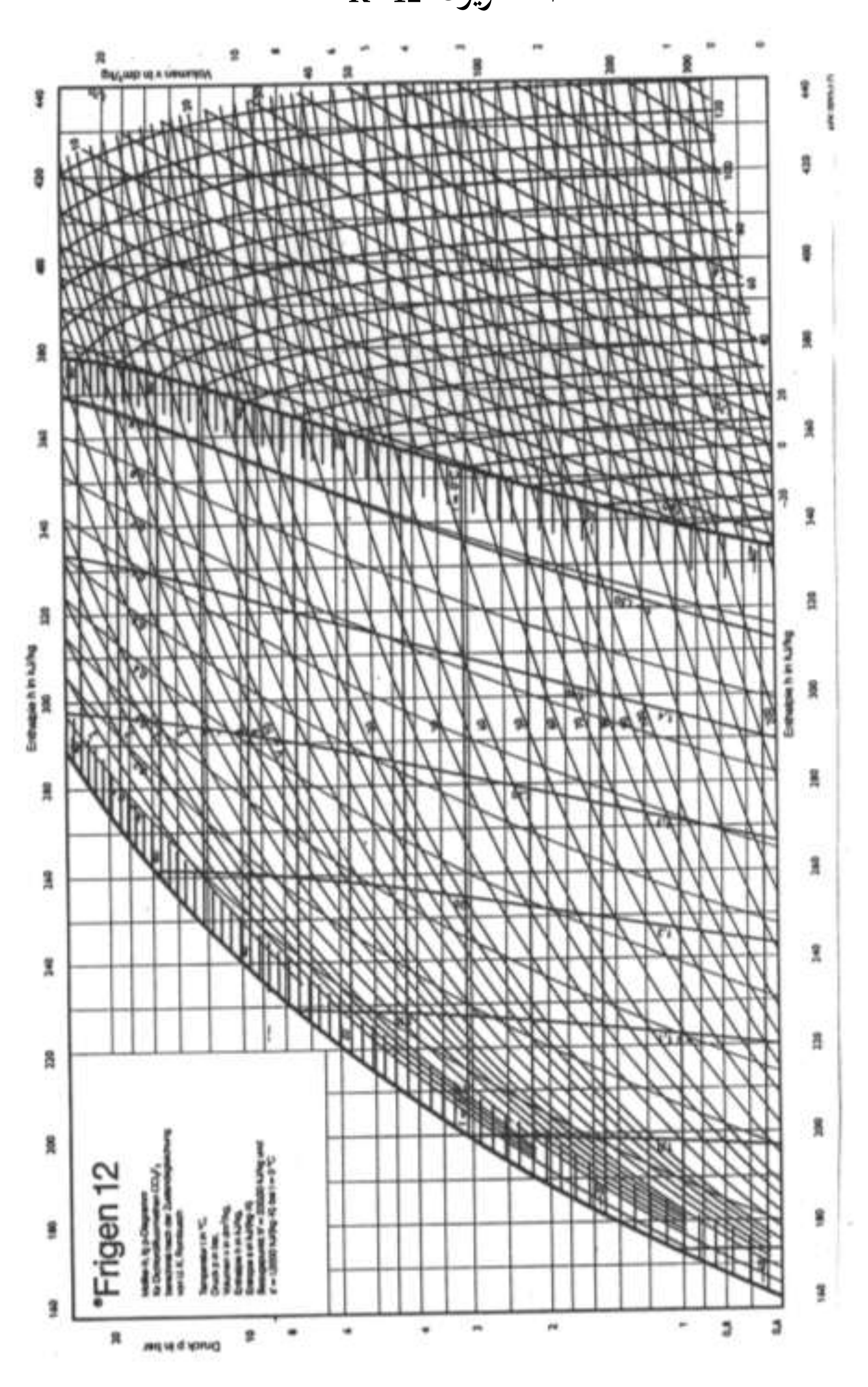
الوصف	الرمز
فاصل زيت بعوامة	
مبين درجة حرارة ترموستات	TS TI
قاطع ضغط عالي - منخفض	PS PS
عداد ضغط موجب - سالب	PI PI
صمام أمان	
صمام رانشست مستقيم - قائم	
مضخة سوائل (رمز عام)	
مضخة طاردة مركزية - ترددية	
ضاغط - مضخة تفريغ	
ضاغط ترددي - دوار	
ضاغط حلزوني - طارد مركزي	
مروحة محورية - نصف قطرية	
مكثف تبخيري بمروحة تهوية ماصة	

الوصف	الرمز
برج تبريد بمروحة تهوية ماصة	W W
برج تبريد بمروحة ضغط	
مبخر بمروحة وسخان إزالة صقيع وخط صرف للماء الناتج	
خزان سائل	
مكثف - مبخر	
مبادل حراري بزعانف	
مبخر تبريد ماء	W F F W
خزان به مبخر لتبريد الماء	W
مبادل حراري بتقاطع	

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

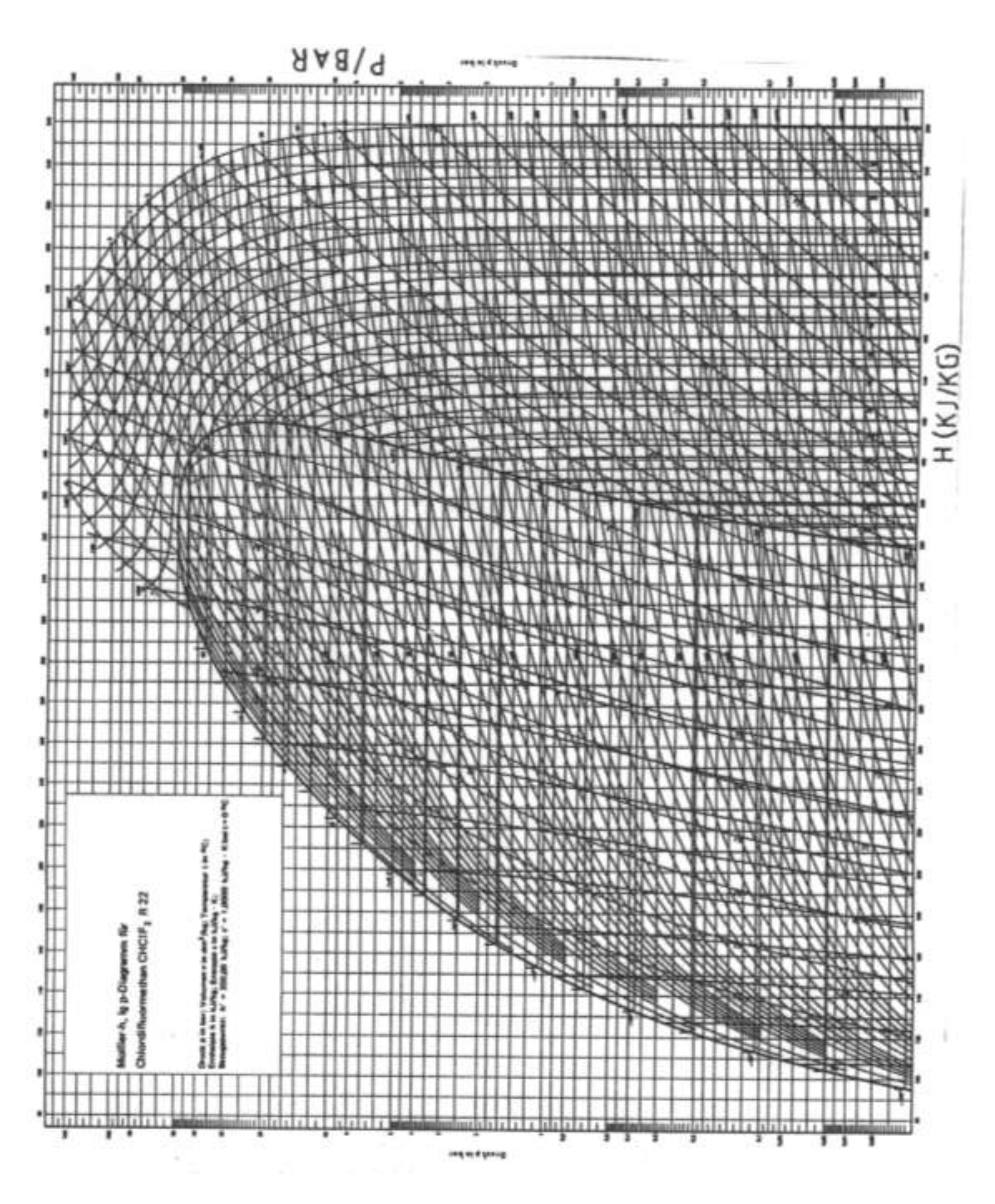
ملحق ٢ خرائط الضغط والانثالبي لمولير

١ – فريون R –12



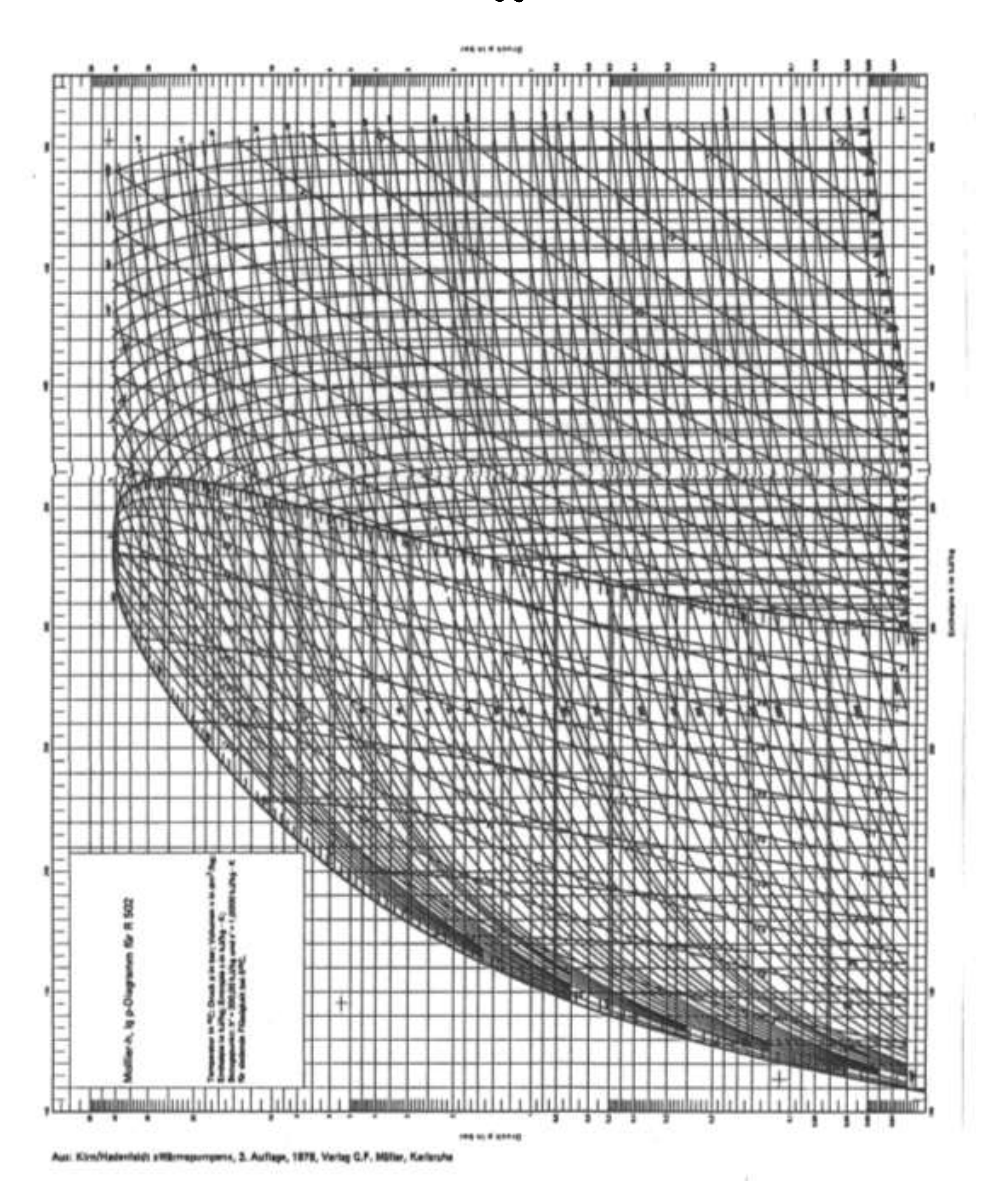
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٢– فريون R22



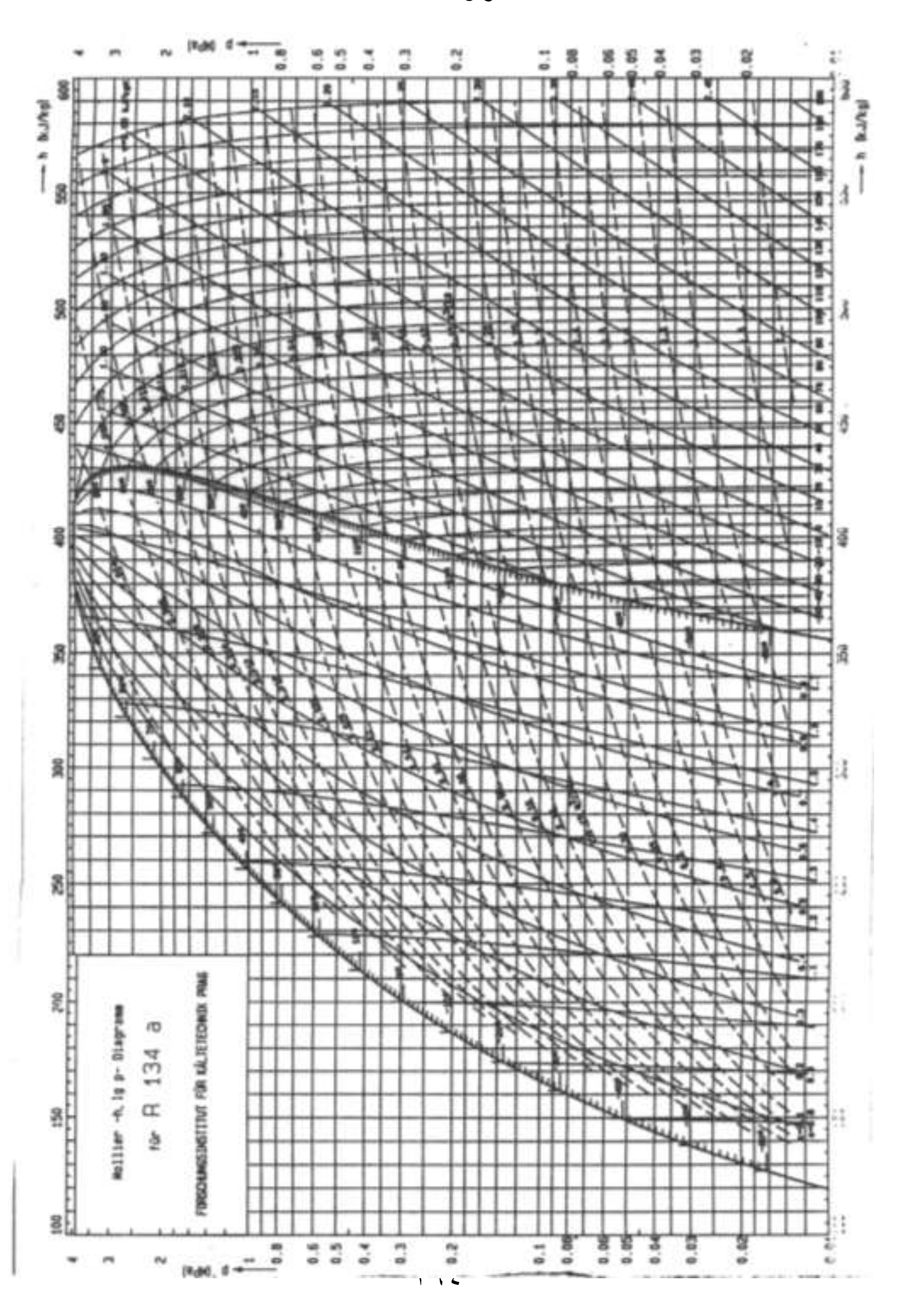
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتنقل بين الصفحات.

٣– فريون R 502



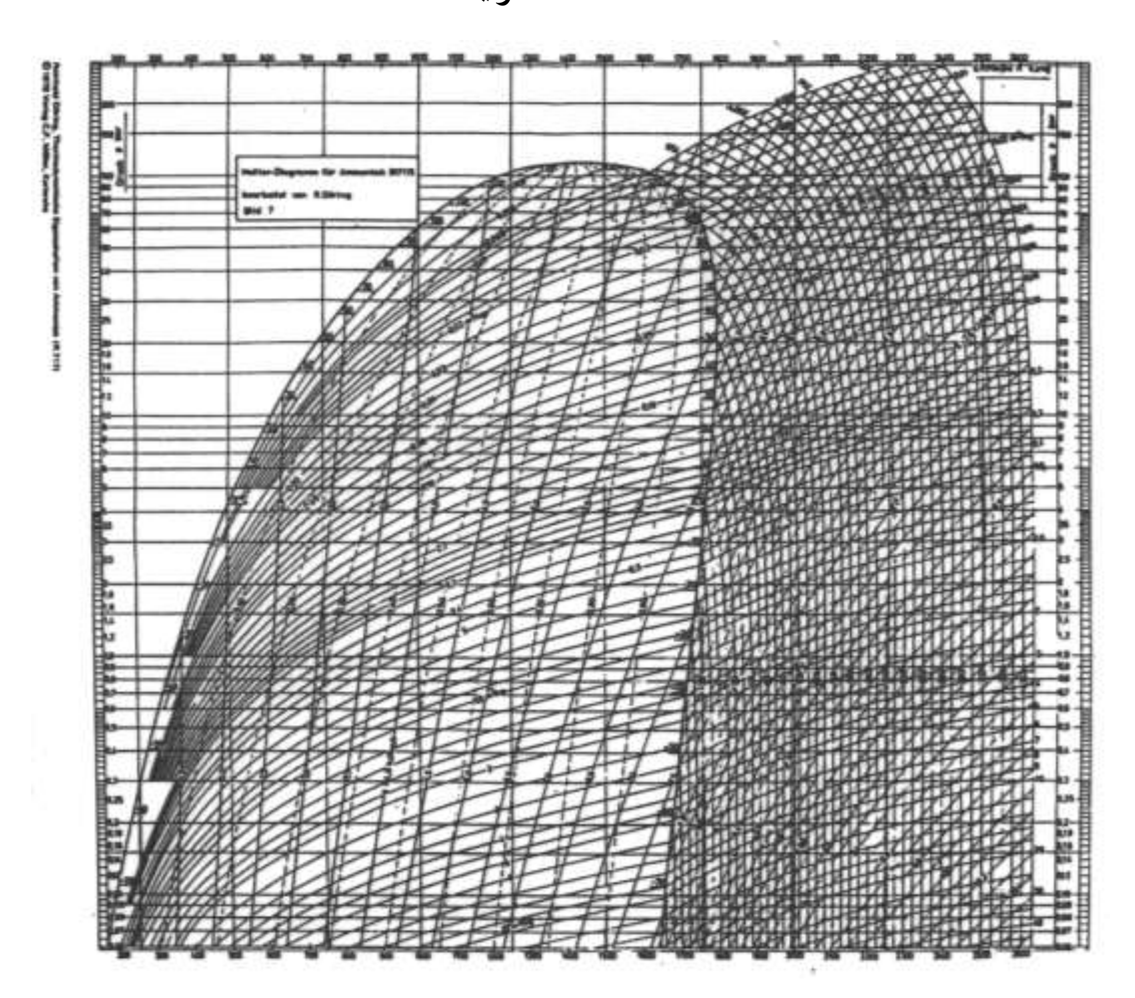
للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٤–فريون R 134a



للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على
العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

٥–الآمونيا R 717



للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

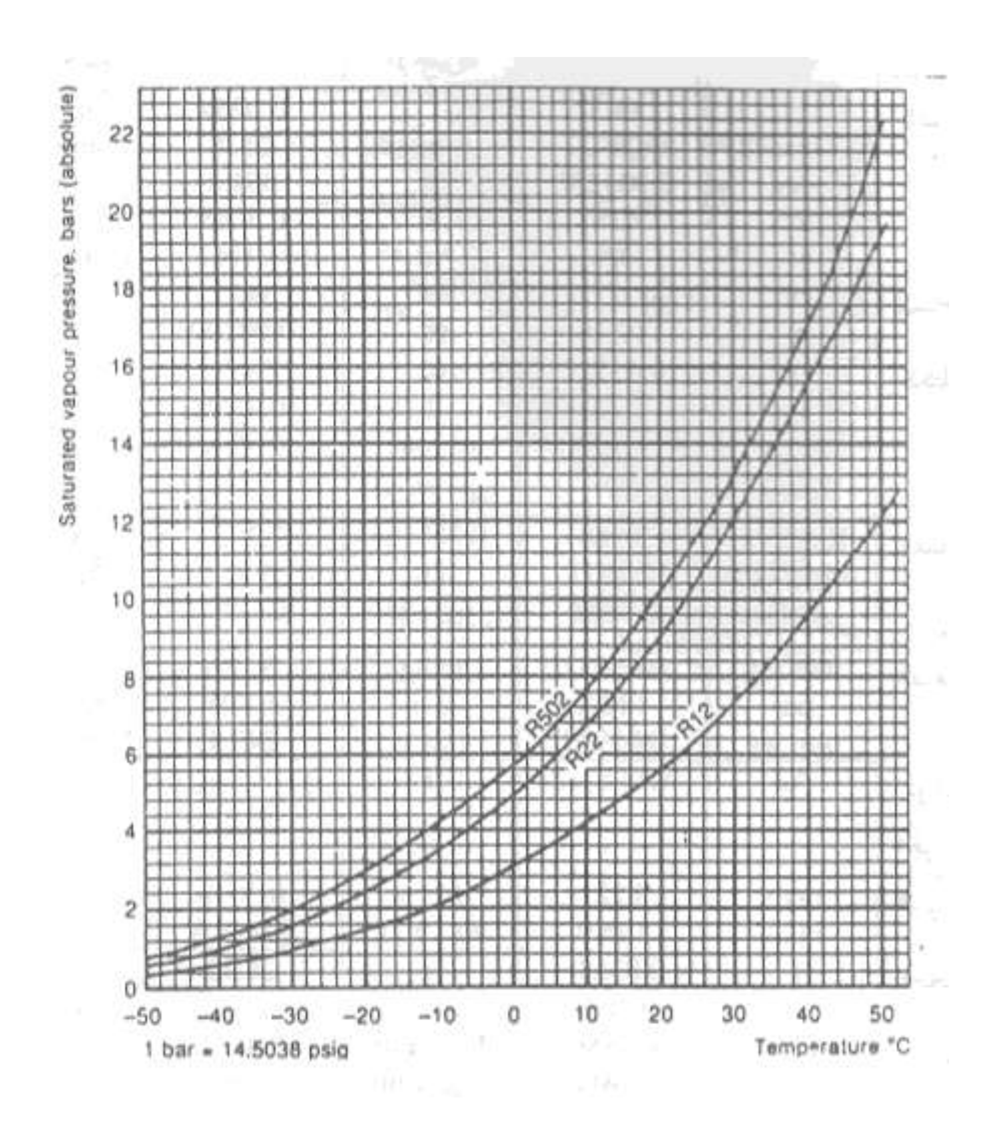
ملحق ٣ جداول الضغط ودرجة حرارة التشبع للفريونات المشهورة

Temperatura Température °C	R 12 bar	R 13 bar	R 13 B1 bar	R 21 bar	R 22 bar	R 114 bar	R 502 bar
−110		0,160					
−105		0,233					
−100		0,331	0,075		0,021		
− 95		0,460	0,109		0,033		
− 90		0,626	0,157		0,049		
− 85		0,836	0,221		0,073		
− 80		1,097	0,305		0,105		0,146
− 75		1,418	0,410		0,149		0,203
− 70	0,123	1,807	0,542		0,206		0,276
− 65	0,168	2,273	0,707		0,281		0,369
− 60	0,226	2,824	0,906		0,376		0,487
− 55	0,300	3,469	1,152		0,497		0,634
− 50	0,392	4,219	1,445		0,646		0,814
− 45	0,505	5,062	1,791		0,830		1,033
− 40	0,642	6,068	2,199	0,094	1,053	0,130	1,296
− 35	0,807	7,187	2,674	0,126	1,321	0,172	1,610
− 30	1,005	8,449	3,222	0,168	1,640	0,225	1,979
− 25	1,237	9,865	3,851	0,220	2,016	0,290	2,410
− 20	1,510	11,447	4,567	0,283	2,455	0,369	2,910
− 15	1,827	13,206	5,379	0,362	2,964	0,466	3,486
− 10	2,193	15,155	6,292	0,458	3,550	0,581	4,143
− 5	2,612	17,309	7,314	0,572	4,219	0,718	4,889
± 0	3,089	19,682	8,454	0,709	4,980	0,879	5,731
+ 5	3,629	22,292	9,719	0,870	5,839	1,067	6,676
+ 10	4,238	25,160	11,117	1,059	6,803	1,285	7,731
+ 15	4,921	28,306	12,656	1,278	7,882	1,537	8,902
+ 20	5,682	31,758	14,347	1,532	9,081	1,824	10,197
+ 25	6,529	35,544	16,199	1,824	10,411	2,151	11,623
+ 30	7,465		18,223	2,155	11,880	2,520	13,189
+ 35	8,498		20,429	2,533	13,496	2,936	14,901
+ 40	9,634		22,831	2,958	15,269	3,401	16,770
+ 45	10,878		25,442	3,436	17,209	3,919	18,803
+ 50	12,236		28,277	3,969	19,327	4,494	21,013
+ 55	13,717		31,355	4,707	21,635	5,129	23,411
+ 60	15,326		34,693	5,491	24,146	5,828	26,014
+ 65				6,276		6,549	
+ 70				7,060		7,433	
+ 75				8,041		8,348	
+ 80				9,022		9,343	
+ 85				10,002		10,423	
+ 90				11,277		11,594	
+ 95				12,552		12,859	
+100				14,219		14,225	

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تتقل بين الصفحات.

تابع الملحق ٣

العلاقة بين الضغط المطلق ودرجات حرارة التشبع للفريونات المشهورة



للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

ملحق ٤ جداول التحويل للوحدات المترية

الكمية	الوحدة المترية	X	الوحدة الإنجليزية	X	الوحدة العالمية
الطول	µ m mm mm m m	39.37 0.03937 0.003281 3.281 1.094	µ inch in ft ft yd	0.0254 25.4 304.8 0.3048 0.9144	µ m mm mm m m
المساحة	cm^2 m^2	0.1550 10.76	in^2 ft^2	645.2 0.09290	mm^2 m^2
الكتلة	g kg tonne فرنسي	0.03527 2.205 1.102	oz Ib us tone طن أمريكي	28.35 0.4536 0.9072	g kg tonne فرنسي
القدرة	Kcal / hr Mcal / hr HP الفرنسي	3.968 0.3307 0.9863	BTU / hr TR HP الإنجليزي	0.2931 3.517 0.7457	W Kw kw
الضغط	mm Hg bar mm wg	0.03937 14.22 0.03937	in hg psi inw.g	3.386 6.895 249.1	Kpa Kpa pa
درجة الحرارة	^oC	$(^oC*1.8)+32$	^oF	$(^oF-32)$∍1.8	^oC
السرعة	m / s m / s	3.281 196.9	Ft / s Ft / min	0.3048 0.00508	m / s m / s
الحجم	L L	0.03531 0.2642	Ft^3 us.gal	28.32 3.785	L L
الحجم /الزمن	m^3 / h m^3 / h m^3 / min	0.5886 4.403 0.0098	Ft^3 / min us.gal/min Ft^3 / min	0.4719 0.063 0.4719	L / s L / s L / s

التعريف بالاختصارات المستخدمة :-

رطل / بوصة مربعة   psI   جرام   g   ميجا 10^6 M

بوصة زئبق   in Hg   كيلو جرام   kg   كيلو 10^3 K

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

بوصة ماء مقاس	in wg	طن	Tonne	ملي	10^{-3}	m
درجة مئوية	^{o}C	أونس	oz	ميكرو	10^{-3}	µ

تابع التعريف بالاختصارات المستخدمة :–

درجة فهرنهيت	^{o}F	باوند	IB	ملي متر	mm
لتر	L	طن أمريكي	u.s Tonne	متر	m
جالون أمريكي	u.s gal	ملي متر زئبق	mm Hg	بوصة	inch
حصان	HP	ملي متر ماء مقاس	mm wg	قدم	Ft
كالوري	Cal	باسكال	Pa	ياردة	yd
طن تبريد	Tr	بار	bar		
وات	w				

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

محتويات الكتاب

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.

للوصول للفهرس اضغط علىCtrl+ End ، وللوصول لأي عنوان اضغط على الزر الأيسر للماوس على العنوان المطلوب في الفهرس، وبواسطة Page Up, Page Down أو عجلة الماوس تنقل بين الصفحات.